KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterapilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045)

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

Teknik Inventarisasi dan Pemetaan Hutan

- Silvika
- Silvikultur
- Ilmu Ukur Kayu
- Pengukuran dan Pemetaan Hutan
- Dendrologi
- Simulasi Digital
- Penyuluhan kehutanan
- Aplikasi Sistem Informasi Geografis
- Inventarisasi Hutan
- Pengukuran dan Pemetaan Digital

Keterangan :

: Mata Pelajaran C2

: Mata Pelajaran C3

GLOSARIUM

Bole Height (hb) adalah tinggi batang bebas cabang atau jarak antara pangkal batang di tanah dengan Crow Point (awal pecabangan). Bole Height ini sering disebut dengan batang utama pohon.

Defective Length/id adalah panjang cacad kayu atau panjang kayu yang tidak dapat digunakan karena rusak.

Dimensi pohon adalah satuan ukuran untuk pohon berdiri dinyatakan sebagai diameter atau keliling dan tinggi; untuk pohon rebah (setelah ditebang) dinyatakan sebagai diameter atau keliling dan panjang.

Dimensi kayu olahan adalah satuan ukuran yang dinyatakan sebagai panjang, lebar atau tebal/tinggi.

Pohon contoh adalah individu pohon yang dipilih sebagai wakil dari keseluruhan pohon pada luasan areal tertentu. Sebagai pohon pewakil hendaknya mencakup karakteristik dari keseluruhan pohon yang ada (keadaan/kondisi topografi & kondisi pohon itu sendiri sesuai dengan kondisi hutannya). Sebagai dasar pembuatan Tabel Volume Lokal (TVL), jumlah pohon contoh yang digunakan sekitar 50 - 150 pohon menyebar rata untuk luasan 100 ha; atau sekitar 0,5 - 1,5 pohon; atau 1 pohon/ha.

Panjang batang laku dipasaran/*Merchantable Length (hl)* adalah panjang batang mulai dari ujung tunggak sampai dengan ujung kayu yang dapat dipasarkan, terutama cabang bila diameter > batas minimum.

Pohon model adalah individu pohon yang dipilih atau ditentukan didasarkan

pada karakteristik pohon itu sendiri. Misalnya bentuk batang lurus, tidak bengkok, dan biasanya pohon model diperoleh dari pohon contoh.

Pengukuran kayu adalah tatacara atau metode untuk mengukur dimensi pohon, baik saat berdiri atau setelah ditebang.

Pohon berdiri adalah tumbuhan berkayu yang mempunyai batang jelas, berdiri di atas tanah dengan tinggi minimal 5 meter.

Pohon rebah adalah pohon berdiri yang telah ditebang dan bagian pangkal dan ujungnya (setelah bagian tajuk dibuang/dipotong) dirapikan. Pohon rebah ini diartikan juga sebagai kayu bulat, gelondongan atau logs.

Tunggak adalah bagian pangkal batang yang ditinggalkan setelah penebangan. Tinggi tunggak pada pohon-pohon rimba sekitar 60 - 80 cm. Terkadang karena kondisi lapangan, tinggi tunggak bisa sekitar 40 cm bahkan ada yang mencapai 1 m atau lebih. Khusus tunggak pohon jati justru masih dimanfaatkan untuk keperluan cenderamata.

Tinggi pohon total (h) adalah jarak sumbu batang pohon antara pangkal batang di tanah dengan ujung tajuk.

Tinggi pohon laku dipasaran/Merchantable Height (hm) adalah tinggi batang sampai dengan limit diameter yang laku di pasaran. Limit diameter untuk bahan pulp 4 inch sedangkan untuk kayu gergajian 8 inch.

Tinggi tungak (*Stump Length(hs))* adalah jarak antara permukaan tanah dengan posisi kayu yang akan ditebang.

Sound Merchantable adalah sama dengan *Merchantable Lenghtminus Defective Length.*

Crow Length adalah jarak antara *Crow Point* dengan unjung tajuk.

Crow Point adalah titik permulaan adanya cabang pada pohon atau titik awal tajuk. Titik ini merupakan ujung dari panjang batang bebas cabang.

Volume adalah hasil penggandaan tiga ukuran (dimensi) yaitu panjang, lebar dan tebal/tinggi.

Volume pohon/batang adalah hasil penggandaan dua ukuran (dimensi) yaitu diameter/keliling dan tinggi/ panjang.

Volume tunggak (*Stump Volume*) adalah volume kayu yang terdiri dari akar dan pangkal pohon sampai ketinggian tertentu (tunggak).

Volume kayu batang (*Volume of Stem*) adalah volume kayu di atas tunggak sampai batas tajuk. Bagian ini merupakan batang utama pohon yang menyusun volume kayu sampai percabangan pertama.

Volume kayu tebal (*Volume of Thick Wood*) adalah volume kayu di atas tunggak sampai pada titik dimana diameter 7 cm dengan kulit yang menyusun volume kayu
Volume kayu pohon (*Volume of Tree Wood*) merupakan volume kayu yang terdapat di seluruh pohon mulai dari pangkal batang sampai ujung ranting pohon.

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi (Mata Pelajaran)

1. Pengertian

Ilmu Ukur Kayu adalah suatu ilmu yang mempelajari volume kayu (log), pohon dan tegakan serta mempelajari hasil dan pertumbuhan hutan.

2. Rasional

Tuhan telah menciptakan alam semesta ini dengan segala keteraturannya, dalam pelajaran ilmu ukur kayu dengan keteraturan itu selalu ada. Oleh karena itu, segala sesuatu yang dipelajari dalam ilmu ukur kayu membuktikan adanya kebesaran Tuhan. Aktifitas manusia dalam kehidupan tidak lepas dari kebutuhan akan ilmu ukur kayu. Keadaan lingkungan alam merupakan faktor penting bagi kehidupan manusia, bukan hanya manusia bahkan semua makhluk hidup. Lingkungan alam yang dijaga dengan baik maka akan memberikan ketenangan bagi kehidupan makhluk hidup.

B. Prasyarat

Mata pelajaran ilmu ukur kayu merupakan mata pelajaran yang masuk ke dalam kelompok C2 yang menjadi dasar keempat program keahlian. Oleh sebab itu, tidak ada prasyarat untuk mempelajari mata pelajaran ilmu ukur kayu.

C. Petunjuk Penggunaan

1. Penjelasan Bagi Siswa

a. Bacalah bahan ajar ini secara berurutan dari kata pengantar sampai cek kemampuan, pahami dengan benar isi dari setiap materinya.

b. Setelah Anda mengisi cek kemampuan, apakah Anda termasuk kategori orang yang perlu mempelajari bahan ajar ini? Apabila Anda menjawab **YA**, maka pelajari bahan ajar ini.
c. Untuk memudahkan belajar Anda dalam mempelajari bahan ajar ini, maka pelajari dulu tujuan akhir pembelajaran dan kompetensi yang akan dicapai dalam bahan ajar ini. Apabila ada yang kurang jelas tanyakan pada guru pembimbing Anda.
d. Laksanakan semua tugas yang ada dalam bahan ajar ini agar kompetensi Anda berkembang sesuai standar.
e. Buatlah rencana belajar Anda dengan menggunakan format seperti yang ada dalam bahan ajar , konsultasikan dengan guru dan institusi pasangan penjamin mutu hingga mendapatkan persetujuan.
f. Lakukan kegiatan belajar untuk mendapatkan kompetensi sesuai rencana kegiatan belajar yang telah Anda susun dan disetujui oleh guru dan institusi pasangan penjamin mutu.
g. Setiap mempelajari materi, Anda harus mulai dari memahami tujuan kegiatan pembelajarannya, menguasai pengetahuan pendukung (uraian materi), melaksanakan tugas-tugas, dan mengerjakan test formatif.
h. Dalam mengerjakan test formatif, Anda jangan melihat kunci jawaban formatif terlebih dahulu, sebelum Anda menyelesaikan test formatif.
i. Laksanakan lembar kerja untuk pembentukan psikomotorik skills sampai Anda benar-benar terampil sesuai standar. Apabila Anda mengalami kesulitan dalam melaksanakan tugas ini, konsultasikan dengan guru Anda.
j. Setelah Anda merasa benar-benar menguasai seluruh kegiatan belajar dalam bahan ajar ini, mintalah evaluasi dari guru Anda, sekolah, dan institusi pasangan penjamin mutu Anda untuk dapat dinyatakan telah benar-benar menguasai kompetensi tersebut sehingga Anda mendapatkan sertifikat kompetensi.

2. Peran Guru

a. Membantu siswa dalam merencanakan proses belajar.
b. Membimbing siswa melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar.
c. Membantu siswa dalam memahami konsep dan praktek baru serta menjawab pertanyaan siswa mengenai proses belajar siswa.
d. Membantu siswa untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar.
e. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan.
f. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja untuk membantu jika diperlukan.
g. Melaksanakan penilaian.
h. Menjelaskan kepada siswa mengenai bagian yang perlu untuk dibenahi dan merundingkan rencana pembelajaran selanjutnya.
i. Mencatat pencapaian kemajuan siswa.

D. Tujuan Akhir

Tujuan akhir dari Buku Teks ini adalah Siswa mempunyai kemampuan untuk melakukan pengukuran dan perhitungan pohon berdiri.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

1. Kompetensi Inti

Yang dimaksud dengan **Kompetensi Inti** adalah kualifikasi kemampuan minimal Siswa yang menggambarkan penguasaan sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang akan dicapai setelah mempelajari Bahan Ajar. **Kompetensi Inti** terdiri atas sejumlah kompetensi dasar sebagai acuan baku yang harus dicapai. **Kompetensi Inti** untuk Bahan Ajar ini akan

membentuk sikap, pengetahuan, dan keterampilan siswa dalam "Pengukuran dan Perhitungan Pohon Berdiri".

2. Kompetensi Dasar

Kompetensi dasar adalah sejumlah kemampuan yang harus dimiliki Siswa dalam mata pelajaran ilmu ukur kayu. Kompetensi dasar tersebut adalah:

a) Menerapkan prinsip-prinsip pengukuran dan perhitungan pohon berdiri.
b) Melaksanakan pengolahan data tegakan pohon berdasarkan petak dan jenis pohon.

KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)/
MADRASAH ALIYAH KEJURUAN (MAK)

BIDANG KEAHLIAN : AGRIBISNIS DAN AGROTEKNOLOGI
PROGRAM KEAHLIAN : KEHUTANAN
PAKET KEAHLIAN : TEKNIK INVENTARISASI DAN PEMETAAN HUTAN
MATA PELAJARAN : ILMU UKUR KAYU

KELAS : XI

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	Mengamalkan ajaran agama yang dianutnya pada pembelajaran ilmu ukur kayu sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia. Menyadari kebesaran Tuhan yang mengatur karakteristik pertumbuhan tanaman.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi. Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan belajar di hutan dan melaporkan hasil kegiatan.

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	Menerapkan prinsip-prinsip pengukuran dan perhitungan pohon berdiri. Menerapkan prinsip-pinsip pengukuran dan perhitungan pohon rebah.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	Melaksanakan pengolahan data tegakan pohon berdasarkan petak dan jenis pohon. Menyaji data pengukuran kayu dan tanda asal kayu dengan palu tok.

F. Cek Kemampuan Awal

Sebagai test awal untuk mengetahui kemampuan siswa terhadap materi pembelajaran ilmu ukur kayu, berikut ada beberapa pertanyaan yang harus dijawab oleh siswa sebagai berikut :

Berilah *check point* (√) pada setiap uraian di dalam tabel berikut ini. Isilah sesuai dengan kemampuan Anda yang sebenarnya.

NO.	KOMPETENSI DASAR	YA	TIDAK	KET.
1.	Siswa dapat menerapkan dan melaksanakan teknik pengukuran kayu			
2.	Siswa dapat menerapkan dan melaksanakan teknik pengukuran dimensi			
3.	Siswa dapat menjelaskan lawas dan kegunaan pengukuran pohon berdiri			
4.	Siswa dapat menerapkan dan melaksanakan teknik pengukuran diameter			
5.	Siswa dapat menerapkan dan melaksanakan teknik pengukuran tinggi			
6.	Siswa dapat menerapkan dan menggunakan alat ukur diameter			
7.	Siswa dapat menerapkan dan menggunakan alat ukur tinggi pohon			
8.	Siswa dapat menjelaskan kesalahan pengukuran tinggi pohon			
9.	Siswa dapat menjelaskan lekukan batang			
10.	Siswa dapat menentukan ketebalan kulit batang			

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran Pengukuran dan Perhitungan Pohon Berdiri

A. Deskripsi

Keberhasilan dalam melakukan pengelolaan hutan sangat dipengaruhi oleh kemampuan manusia sebagai pengelola hutan itu sendiri. Kemampuan manusia yang dimaksud dalam buku teks bahan ajar ini adalah kemampuan dalam menilai potensi hutan produksi dalam kubikasi (volume kayu). Untuk dapat mengetahui potensi hutan produksi maka dibutuhkan kemampuan penaksiran volume pohon berdiri melalui kemampuan dalam melakukan pengukuran kayu. Oleh sebab itu, materi yang disampaikan dalam buku teks bahan ajar ini mengarahkan siswa untuk dapat memahami dan menerapkan ilmu ukur kayu sehingga siswa dapat melakukan pengukuran dan perhitungan pohon berdiri.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Menambah keimanan peserta didik dengan menyadari hubungan keteraturan, keindahan alam, dan kompleksitas alam dalam jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya;
b. Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan bumi dan seisinya yang memungkinkan bagi makhluk hidup untuk tumbuh dan berkembang;
c. Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; ulet; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap ilmiah dalam melakukan percobaan dan berdiskusi;

d. Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan;
e. Memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, obyektif, terbuka, ulet, kritis dan dapat bekerjasama dengan orang lain;
f. Mengembangkan pengalaman menggunakan metode ilmiah untuk merumuskan masalah, mengajukan dan menguji hipotesis melalui percobaan, merancang dan merakit instrumen percobaan, mengumpulkan, mengolah, dan menafsirkan data, serta mengkomunikasikan hasil percobaan secara lisan dan tertulis;
g. Menerapkan prinsip-prinsip pengukuran dan perhitungan pohon berdiri.

2. Uraian Materi

Sebelum membahas materi pengukuran lebih dalam, terlebih dahulu mari kita memahami beberapa istilah di dalam pengukuran kayu. Dengan memahami istilah-istilah di dalam pengukuran kayu, diharapkan akan memudahkan pembelajaran yang direncanakan. Terdapat tiga istilah yang umum digunakan untuk menentukan ukuran suatu obyek yang berkaitan dengan pengukuran dalam arti luas, yaitu pengukuran, penafsiran, dan peramalan. **Apakah Anda mengetahui perbedaan dari ketiga istilah tersebut?**

Pengertian ketiga istilah pengukuran seperti yang tertera di bawah ini, yaitu :

1. Pengukuran

   Pengukuran adalah pengamatan yang dilakukan dengan pengukuran secara langsung menggunakan alat ukur tertentu dan dilakukan terhadap seluruh obyek yang diamati.

2. Penafsiran

   Penafsiran adalah pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur tertentu tetapi hanya dilakukan terhadap sebagian obyek yang diamati. Obyek yang diamati disebut populasi sedang bagian dari obyek yang diamati disebut sampel (contoh). Jika populasinya adalah pohon-pohon dalam hutan, maka sampelnya berupa kumpulan pohon yang terdapat di dalam petak ukur (PU). Petak ukur dapat berbentuk lingkaran, bujur sangkar, segi empat ataupun jalur. Penafsiran dilakukan dengan beberapa cara, antara lain melalui :

   a. Metode bilangan bentuk.
   b. Tarif/tabel lokal.
   c. Table tegakan.
   d. Table hasil.
   e. Table kelas bentuk.

3. Peramalan

   Peramalan merupakan kegiatan untuk menentukan nilai obyek dengan mencoba mengukur keadaan yang akan datang dengan data yang diperoleh pada masa lalu dalam kurun waktu tertentu. Peramalan umumnya digunakan di bidang meteorology dan geofisika maupun ekonomi makro.

Dari ketiga istilah tersebut di atas, pengukuran merupakan topik bahasan dalam buku teks bahan ajar siswa ini. Di dalam pengukuran biasanya selalu ditemui adanya kesalahan (bias).

Berdasarkan sumbernya, kesalahan dibedakan menjadi dua yaitu :

a. **Sampling Error**

   Sampling error merupakan kesalahan yang timbul diakibatkan oleh ukuran sampel, jumlah sampel, maupun bentuk sampel dan metode sampling yang digunakan. Sampling error seringkali terjadi pada penafsiran maupun peramalan.

b. **Non sampling error**

   Non sampling error merupakan kesalahan yang disebabkan oleh faktor pengukurannya sendiri, antara lain :

   - Orangnya atau peneliti.
   - Alat.
   - Situasi dan kondisi.
   - Tidak jelas cara pengukuran.
   - Adanya keanehan bentuk obyek.

Setelah memahami ketiga istilah tersebut di atas, jelaslah sudah bahwa materi yang dibahas dalam buku teks bahan ajar ini adalah pengukuran obyek secara langsung (tidak diwakilkan obyek serupa). Obyek dalam pengukuran secara langsung ini berupa pohon berdiri di dalam hutan.

Materi pengukuran pohon berdiri akan dipaparkan sesuai dengan ruang lingkup yang telah dijabarkan dalam deskripsi mata pelajaran Ilmu Ukur

Kayu guna mengantarkan peserta didik untuk dapat memahami isi (substansi) buku teks bahan ajar ini. Setelah tuntas pemaparan materi dalam buku teks bahan ajar ini, diharapkan peserta didik memiliki kompetensi yang diharapkan yaitu mampu menerapkan prinsip-prinsip pengukuran dan perhitungan pohon berdiri pada ranah kognitif. Selain itu juga, peserta didik diharapkan mampu melaksanakan pengolahan data tegakan pohon berdasarkan petak dan jenis pohon.

a. Pengukuran Kayu

Ilmu ukur kayu dikenal secara umum sebagai ilmu ukur hutan. Henri S. Groves (1960) dalam *Anonimus* (2011) mengartikan ilmu ukur hutan sebagai suatu ilmu yang mempelajari volume kayu (*log*), pohon dan tegakan serta mempelajari hasil dan pertumbuhan hutan. Setelah perang dunia ke II berkembang penerapan teori statistik menggunakan komputer, sehingga ilmu ukur kayu mengikuti perkembangan tersebut dan para ilmuwan ukur kayu pun mengikutinya dengan mempelajari dasar-dasar matematika seperti kalkulus, analisis system, dan operasi riset untuk mendukung aplikasi dalam ilmu ukur kayu.

Ilmu ukur kayu merupakan salah satu kunci keberhasilan pengelolaan hutan. **Bagaimana bisa ilmu ukur kayu memegang peranan keberhasilan di dalam pengelolaan hutan?** Pengelolaan hutan pada dasarnya mengelola aktivitas tanah hutan yaitu flora dan fauna yang ada di atasnya serta manusia yang memanfatkan tanah hutan tersebut. Dalam pengelolaan hutan, hal penting yang perlu diperhatikan adalah kemampuan untuk memberikan solusi terhadap permasalahan yang timbul selama pelaksanaan pengelolaan hutan, seperti :

(1) Apakah perlakuan silvikultur yang dilakukan dapat menghasilkan permudaan dan pertumbuhan yang baik?

(2) Apakah spesies yang ditanam untuk reboisasi sesuai dengan ekologi hutannya?
(3) Apakah hasil hutan berupa kayu memenuhi standar minimal ekonomi apabila dilakukan pembalakan/penebangan hutan?
(4) Apakah hutan yang dikelola memiliki potensi untuk pengembangan ekowisata?

Untuk menjawab pertanyaan di atas pengelola hutan memerlukan infomasi yang akurat agar pengelolaan hutan dapat memberikan nilai ekonomis kepada semua pihak yang berada di sekitar hutan (tidak hanya kepada pengelola hutan tetapi masyarakat sekitar hutan dan pemerintah pun dapat menikmati hasil hutan secara ekonomi). Informasi dapat terjamin keakuratannya jika sesuai dengan data lapangan sebenarnya. Melalui ilmu ukur kayu, yang di dalamnya menerapkan prinsip-prinsip pengukuran kayu, dapat diperoleh informasi secara kuantitatif mengenai potensi kayu dalam hutan yang selanjutnya dapat berguna dalam pengambilan keputusan tingkat manajerial.

b. Pengukuran Dimensi

Asy'ari dkk. (2012) menyebutkan bahwa pengertian dimensi adalah suatu ukuran panjang dengan satuan ukuran tertentu. Suatu ruang atau bangunan tertentu memiliki dimensi panjang, lebar dan tinggi, sehingga dimensi yang diukur ini dapat menghasilkan volume atau isi, yaitu hasil perkalian ketiga dimensi yang dimiliki ruang atau bangunan tersebut. Sejalan dengan pengertian tersebut, maka untuk batang pohon berdiri memiliki dimensi diameter atau keliling, dan tinggi. Sedangkan untuk pohon rebah atau pohon setelah tebang memiliki dimensi diameter atau keliling, dan panjang. Dimensi-

dimensi tersebut yang kemudian dinyatakan sebagai dimensi pohon yang diukur pada saat pengukuran dilakukan.

Volume batang (biasa dinyatakan dalam m^3) pada dasarnya adalah hasil perkalian dimensi pohon yang diukur (diameter atau keliling, dan tinggi atau panjang). Dengan demikian, volume batang bukanlah salah satu dimensi dari dimensi pohon yang diukur walaupun volume batang pohon dapat diukur secara langsung dengan menggunakan alat ukur *Xylometer*.

Terdapat dua cara mengukur dimensi pohon, baik pohon berdiri maupun pohon rebah, yaitu secara langsung dan tidak langsung.

(1) Pengukuran langsung (*direct measurement*).
Pengukuran secara langsung ini dapat dilakukan terhadap diameter atau keliling batang, baik pohon dalam keadaan berdiri atau rebah. Sedangkan tinggi atau panjang hanya dapat dilakukan terhadap pohon rebah (kayu bulat).

(2) Pengukuran tidak langsung (*estimate*/penaksiran).
Pengukuran secara tidak langsung biasanya dilakukan dengan cara menduga dimensi yang diukur. Cara menduga dimensi dilakukan secara kasat mata atau tanpa bantuan alat pengukuran dimensi apapun. Cara ini biasa dilakukan hanya bagi orang-orang yang berpengalaman di lapangan.

c. Lawas dan Kegunaan

Lawas atau ruang lingkup pengukuran kayu adalah tatacara mengukur dimensi kayu (pohon), termasuk perhitungannya. Oleh sebab itu, ilmu ukur kayu merupakan alat bantu utama dalam mempelajari pelaksanaan kegiatan kehutanan, seperti kegiatan antara lain

inventarisasi hutan, budidaya hutan (silvikultur), eksploitasi hutan (pemungutan hasil hutan), pemasaran hasil hutan. Jadi, Asy'ari dkk. (2012) menyatakan bahwa peranan/kegunaan ilmu ukur kayu bila ditinjau dari lawas kegiatannya, adalah :

(1) Pengukuran dimensi kayu/pohon berdiri untuk menentukan potensi yang merupakan kegiatan pokok dalam inventarisasi hutan.
(2) Pengukuran dimensi kayu/pohon rebah termasuk hasil olahannya berupa sortimen tertentu, guna mengetahui volume produksi yang diperoleh (ekspoitasi hutan, pengukuran & pengujian kayu).
(3) Pengukuran pertumbuhan dimensi kayu/pohon dan hasil hutan lainnya untuk pengaturan hasil hutan, termasuk pemeliharaannya (riap, umur tebang, rotasi tebangan, waktu penjarangan pada hutan tanaman).

d. Satuan Ukuran

(1) Sistem Satuan Ukuran

Asy'ari dkk. (2012) membagi sistem satuan ukuran yang digunakan secara umum di dunia ke dalam dua kelompok sistem satuan ukuran, yaitu :

(a) Sistem Kerajaan Inggris (*British Imperial System*).

- Untuk ukuran panjang dinyatakan dalam satuan yard. Panjang standar 1 yard didasarkan pada mistar dari Brins (Bronzebar) dengan suhu 600 Farenheit. Mistar ini disimpan di *Standard Office* (London). Untuk ukuran foot (feet) ditetapkan sama dengan 1/3 yard dan sama dengan 12 inches. Untuk ukuran panjang dinyatakan dalam satuan yard. Satuan ukuran yard Inggris oleh Amerika disamakan dengan (3600/3937,0113) meter.

- Untuk ukuran berat (massa) dinyatakan dalam satuan pound. Standar pound dinyatakan samadengan massa silinder platina iridium dan disimpan di *Standard Office* (London). Satu pound di Amerika disamakan dengan (1/2,20462234) kilogram.
- Untuk ukuran waktu dinyatakan dalam detik (*second*). Waktu standar 1 detik ditetapkan (1/31.556.925,9747) dari waktu bumi mengelilingi marahari pada tahun standar 1900. Berdasarkan perhitungan ini maka satu tahun disamakan dengan 31.556.925,9747 detik. Bila dinyatakan sekarang periode bumi mengelilingi matahari selama 1 tahun adalah 365,25 hari, maka berarti 365,25 x 24 x 60 x 60 detik sama dengan 31.557.600 detik.

(b) Sistem Metrik (*Metric* System).

Sistem ini awalnya dikembangkan oleh negara Perancis dan dianut sebagian negara-negara Eropa. Negara Indonesia menganut sistem ini akibat dari penjajahan Belanda. Dasar satuan ini, adalah :

- Untuk ukuran panjang dinyatakan dalam satuan meter. Satu meter disamakan dengan panjang standar mistar dari irinium yang dikenal sebagai dengan International Phototype Meter yang disimpan di International *Bereau of Weight and Measures* di Serves (Perancis).
- Untuk ukuran berat dinyatakan dalam satuan kilogram dan ditetapkan samadengan berat sepotong platina iridium yang disimpan di Serves (Perancis).
- Untuk ukuran waktu dinyatakan dalam detik (*second*).

Perbedaan dari kedua sistem tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan dari kedua sistem pengukuran.

No	Uraian	Sistem	
		Imperial	**Metrik**
1	Panjang	Inchi, feat, yard, mile, chains	Meter, dm, cm,
2	Luas	Sq inchi, sq feat, sq yard, sq mile, sq chains	
3	Volume	Cu inchi, cu feat, cu yard, galon	
4	Berat	Grains, pounds, ounces	Kg, gr, ton,
5	Kecepatan	Inch/s	m/detik, km/jam

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

(2) Konversi Ukuran

Konversi satuan ukuran yang erat dengan pengukuran kayu adalah satuan ukuran panjang. Adapun untuk satuan ukuran luas dan volume tetap didasarkan pada satuan ukuran panjang. Satuan ukuran yang umum digunakan seperti yang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Konversi satuan ukuran panjang.

Unit	Cm	dm	m	inch	foot	yard
cm	1	0,1	0,01	0,3937	0,0328	1,0936 x 10^{-2}
dm	10	1	0,1	3,937	0,3281	1,0936 x 10^{-1}
m	100	10	1	39,37	3,281	1,0936
inch	2,54	0,254	0,0254	1	0,0833	2,77 x 10^{-2}
foot	30,48	3,048	0,3048	12	1	0,333
yard	91,44	9,144	0,9144	36	3	1

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Masih dalam Asy'ari dkk. (2012), terdapat beberapa contoh konversi satuan ukuran seperti yang tertera di bawah ini, yaitu :

(a) 1 rod setara dengan 5,5 yard atau 16,5 foot.
(b) 1 rod (pole) = 5,0292 m.
(c) 1 chain (engin.) = 30,48 m.
(d) 1 chain (surv.) = 20,1169 cm

Sedangkan konversi satuan ukuran berdasarkan ukuran Jepang adalah :

(a) 1 sun = 3,03 cm.
(b) 1 yo zjo = 303,03 cm.
(c) 1 zasi = 30,303 cm.
(d) 1 ri (meile) = 3927,3 m.
(e) 1 ken = 6,3 kanesasi.

Hal yang perlu diingat adalah :

Faktor yang mempengaruhi tingkat ketelitian suatu pengukuran, yaitu :

(a) Alat ukur yang digunakan (ketelitian alat/kualitas).
(b) Cara mengukur (kecermatan saat mengukur).
(c) Tenaga pengukur (keterampilan).
(d) Waktu/saat pengukuran (cuaca).
(e) Satuan ukuran.
(f) Biaya pengukuran.
(g) Penerapan satuan ukuran.
   - Penerapan satuan ukuran terkecil dari suatu sistim satuan akan jauh lebih teliti dibanding dengan satuan ukuran yang lebih besar, misal satuan ukuran cm akan lebih baik dari satuan meter.
   - Pembulatan angka satuan yang disertai desimal akan lebih baik dibanding dengan pembulatan angka satuan tanpa disertai desimal, misal panjang kayu 15,3 m akan lebih teliti daripada dinyatakan dengan pembulatan sebesar 15 m.

(3) Satuan Ukuran dalam Pengukuran Kayu

Di Indonesia lebih lazim menggunakan sistim metrik, sedangkan negara-negara lainnya lebih banyak menggunakan sistim British.

Satuan ukuran yang digunakan di Indonesia yaitu :

(a) panjang :
   i. cm → diameter, keliling, lebar, tebal, dan panjang.
   ii. m → tinggi atau panjang.

(b) luas (ukuran panjang dipangkatkan dua; benda berdimensi dua) : cm^2 atau m^2 ($\frac{\pi}{4}$ x d^2 atau $\frac{\pi}{4}$ x k^2 atau P x L).

(c) volume (ukuran panjang dipangkatkan tiga; satuan kubik berasal dari kata kubus yang menyatakan suatu benda berdimensi tiga) : m^3 ($\frac{\pi}{4}$ x d^2 x T atau $\frac{\pi}{4}$ x d^2 x P atau P x L x T) → untuk kayu bakar & bahan baku pulp.

e. Pengukuran Diameter

(1) Definisi diameter

Dalam ilmu matematika, diameter memiliki definisi sebagai garis lurus yang melalui titik tengah suatu lingkaran. Berdasarkan pengertian tersebut maka pengukuran diameter di bidang kehutanan, khususnya dalam ilmu ukur kayu dilakukan pada batang pohon berdiri, bagian pohon yang dipotong dan cabang. Pengukuran diameter ini penting karena merupakan dimensi yang dapat langsung diukur dan dari diameter dapat ditentukan luas penampang melintang pohon/luas bidang dasar serta volume pohon.

Anonimus (2011) memberikan pengertian mengenai diameter sebagai sebuah dimensi dasar dari sebuah lingkaran. Dengan demikian diameter batang dapat didefinisikan sebagai panjang garis antara dua buah titik pada lingkaran di sekeliling batang yang melalui titik pusat (sumbu) batang. Diameter batang menjadi dimensi pohon berdiri yang paling mudah diukur karena pengukurannya dilakukan pada pohon bagian bawah. Tetapi, bentuk batang pohon yang umumnya semakin mengecil ke ujung atas (*taper*), maka dari sebuah pohon akan dapat diperoleh tak hingga banyaknya nilai diameter batang sesuai banyaknya titik dari pangkal batang hingga ke ujung batang. Oleh karena itulah perlu

ditetapkan letak pengukuran diameter batang yang akan menjadi ciri karakteristik sebuah pohon. Atas dasar itu ditetapkanlah diameter setinggi dada atau **dbh** (*diameter at breast height*) sebagai standar pengukuran diameter batang. Sekurangnya terdapat tiga alasan mengapa diameter diukur pada ketinggian setinggi dada, yaitu :

(a) Alasan kepraktisan dan kenyamanan saat mengukur, yaitu pengukuran mudah dilakukan tanpa harus membungkuk atau berjingkat.

(b) Pada kebanyakan jenis pohon ketinggian setinggi dada bebas dari pengaruh banir.

(c) Diameter setinggi dada (dbh) pada umumnya memiliki hubungan yang cukup erat dengan peubah-peubah (dimensi) pohon lainnya.

Dalam praktek pengukuran dbh, terdapat perbedaan di antara beberapa negara mengenai ketinggian setinggi dada, yakni :

(a) Negara dengan pengukuran sistem metrik, dbh = 1,30 m di atas permukaan tanah (dat).

(b) USA dan Kanada, dbh = 4 ft 6 in = 1,37 m di atas permukaan tanah (dat).

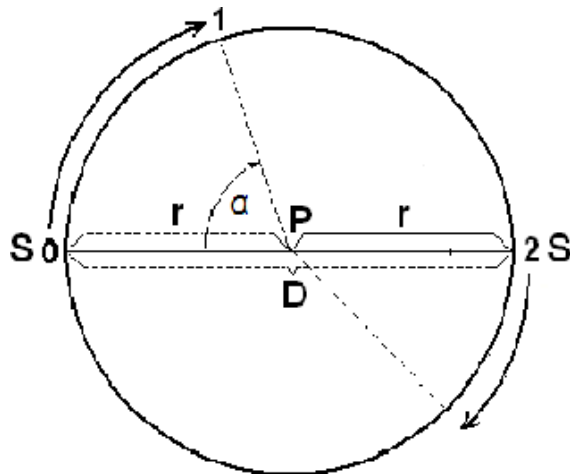
(c) Inggris dan beberapa negara persemakmuran (pengukuran sistem British), dbh = 4 ft 3 in = 1,29 m di atas permukaan tanah (dat).

(d) Jepang, dbh = 4 ft 1,2 in = 1,25 m di atas permukaan tanah (dat).

(2) Luas bidang dasar (Lbds)

Asy'ari dkk. (2012) di dalam bukunya telah menerangkan rumus maupun perhitungan luas bidang dasar (luas penampang lintang) batang pohon. Perumus maupun perhitungan luas bidang dasar pada prinsipnya mengacu ukuran diameter, tetapi kenyataannya di lapangan umumnya perhitungan luas bidang dasar menggunakan ukuran keliling.

Oleh karena itu, penjelasan tentang diameter tak dapat dipisahkan dengan keliling. **Mengapa?**

Diameter atau keliling merupakan salah satu dimensi batang (pohon) yang sangat menentukan luas penampang lintang batang pohon saat berdiri atau berupa kayu bulat. Bahkan berlanjut hingga ke volume batang pohon berdiri maupun yang telah ditebang. Untuk memberikan pemahaman yang lebih dalam mengenai diameter dari suatu lingkaran, di bawah ini terdapat gambar diameter dan lingkaran.

Gambar 1. Diameter dan Lingkaran
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari Gambar 1 dapat dipelajari mengenai konsep diameter dan lingkaran, yaitu :

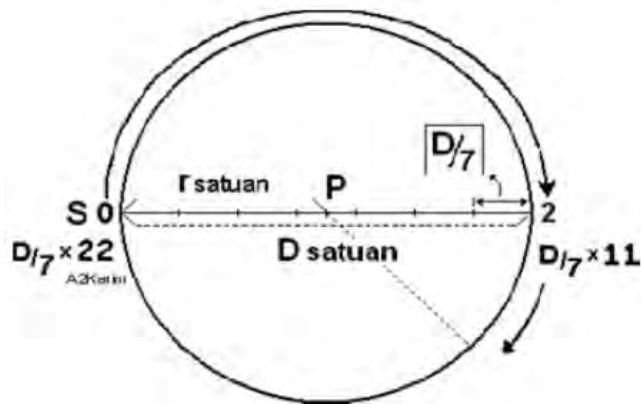
Katakan saja ada dua buah titik S dan titik P dengan jarak sebesar r. Kemudian titik S digerakkan searah jarum jam dengan titik P tetap hingga ke posisi (1), maka akan membentuk busur yang melingkar dengan sudut sebesar α. Selanjutnya terus bergerak ke posisi (2). Saat titik S pada posisi (2), maka jarak dari posisi awal (0) dan posisi (2) sepanjang 2r berupa garis lurus dan sudut α yang dibentuk sebesar

180°. Jarak ini yang dinyatakan sebagai diameter dengan notasi D = 2r. Titik S bergerak kembali ke posisi awal dan akhirnya bertumpu kembali pada posisi awal (0). Ini berarti bahwa titik S membentuk busur pada bidang datar dengan sudut 360°. Busur yang dibentuk tersebut dinyatakan sebagai lingkaran. Dengan memperhatikan konsep diameter dan lingkaran tersebut, kesimpulan apa yang dapat diperoleh?

Sejalan dengan penjelasan mengenai diameter dan lingkaran di atas, maka :

(a) diameter batang merupakan garis lurus yang menghubungkan dua titik di tepi batang dan melalui sumbu batang.
(b) Lingkaran (keliling) batang merupakan panjang garis busur yang melingkar batang.

Dalam rumus luas bidang dasar pohon terdapat nilai π yang besarannya telah menjadi konstanta di seluruh dunia, yaitu $\frac{22}{7}$ atau 3,14. Pertanyaan yang timbul dalam benak kita selanjutnya adalah : bagaimana nilai π diperoleh?

Untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut, mari simak gambar penentuan nilai π dan penjelasannya berikut ini.

Gambar 2. Penentuan Nilai π
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari Gambar 2 dapat dipelajari mengenai konsep besaran nilai π, yaitu :

Titik S bergerak dari posisi awal (0) mengelilingi titik P searah jarum dengan jarak sejauh r satuan hingga ke titik yang terjauh, yaitu posisi (2) sehingga diperoleh jarak sebesar 2r satuan (D satuan). Setelah dilakukan pengamatan/perhitungan ternyata panjang busur lingkaran dari posisi awal bergerak (0) hingga ke posisi (2) diperoleh panjang busur setengah lingkaran sebesar 11 x $\frac{D}{7}$ satuan. Ini berarti pula setelah titik S bergerak kembali ke posisi awal, berarti panjang busur lingkaran penuh menjadi dua kali yaitu (11 x $\frac{D}{7}$ satuan + 11 x $\frac{D}{7}$ satuan) = 22 x $\frac{D}{7}$ satuan atau $\frac{22}{7}$ x D satuan. Nilai $\frac{22}{7}$ inilah yang kemudian dikenal di seluruh dunia sebagai konstanta π (Asy'ari dkk., 2012). Selanjutnya, setelah memperhatikan penjelasan konsep besaran nilai π tersebut, kesimpulan apa yang dapat diperoleh?

Dari penjelasan konsep besaran nilai π di atas, maka :

(a) Rumus perhitungan keliling lingkaran.

$$K = \frac{22}{7} \times D$$

$$K = \pi \times D$$

(b) Rumus perhitungan diameter.

$$D = \frac{K}{\pi}$$

dimana,

K = keliling lingkaran (cm)

D = diameter lingkaran (cm)

Selain untuk keperluan pendugaan dimensi pohon lainnya, diameter setinggi dada (dbh) biasanya diukur sebagai dasar untuk keperluan perhitungan lebih lanjut, misalnya untuk menentukan luas bidang dasar. Luas bidang dasar pohon adalah luas penampang lintang batang, sehingga dapat dinyatakan sebagai :

$$B = \frac{1}{4}\, x\, \pi\, x\, D^2$$

di mana,

B = luas bidang dasar (cm^2).

$\pi = \frac{22}{7}$ atau 3,14.

D = diameter setinggi dada (cm).

Teori luas bidang dasar atau luas penampang lintang batang dipertegas oleh Asy'ari dkk. (2012) seperti yang tertera di bawah ini :

(a) Rumus dasar luas suatu lingkaran adalah $\pi\, x\, r^2$. Mengingat ukuran diameter adalah dua kali jari-jari, sehingga luas lingkaran menjadi :

$$L = \pi \text{ x } 2r^2$$

$$L = \frac{1}{4} \text{ x } \pi \text{ x } D^2$$

dimana,

L = luas lingkaran (cm^2).

r = jari-jari lingkaran (cm).

D = diameter lingkraan (cm).

π = $\frac{22}{7}$ atau 3,14.

(b) Rumus dasar luas lingkaran tersebut dapat pula diperoleh berdasarkan hasil pengukuran busur lingkaran (keliling), dengan demikian, maka luas lingkaran yang diperoleh dari hasil pengukuran keliling, adalah :

$$L = \frac{1}{4} \text{ x } \pi \text{ x } (D)^2$$

$$L = \frac{1}{4} \text{ x } \pi \text{ x } (\frac{K}{\pi})^2$$

$$L = \frac{1}{4\pi} \text{ x } (K)^2$$

dimana,

L = luas lingkaran (cm^2).

D = diameter lingkaran (cm).

K = keliling lingkaran (cm).

π = $\frac{22}{7}$ atau 3,14.

Kedua luas lingkaran di atas lebih umum disebut sebagai luas bidang dasar (Lbds). Notasi umumnya, adalah :

(a) Jika penampang lintang yang diukur berupa diameter.

$$\text{Lbds} = \frac{1}{4} \, x \, \pi \, x \, D^2$$

(b) Jika penampang lintang yang diukur berupa keliling.

$$\text{Lbds} = \frac{1}{4\pi} \text{ x } (K)^2$$

Hal yang perlu diingat adalah :

Istilah luas bidang dasar (Lbds) dalam pengukuran kayu digunakan pada saat melakukan pengukuran pohon berdiri, sedangkan istilah luas penampang melintang (Lspl) digunakan jika batang tersebut sudah direbahkan (ditebang) atau istilah ini dikenal dengan luas bontos (LB). Terkait dengan perhitungan volume batang, maka kedua rumus tersebut diubah atau disesuaikan dengan menyamakan satuan ukuran, yaitu dari cm menjadi meter. Sehingga rumus dasar Lbds di atas diubah menjadi rumus terapan yang siap pakai. Rumus dimaksud adalah :

(a) Bila diukur diameter batang (satuan ukuran D dalam cm)

$$\text{Lbds} = \frac{11}{140000} \, x \, D^2 \, (m^2)$$

(b) Bila diukur keliling batang (satuan ukuran K dalam cm)

$$\text{Lbds} = \frac{7}{880000}\ x\ K^2\ (m^2)$$

Jadi, satuan ukuran diameter maupun keliling tetap direkam dalam satuan cm. Jika menginginkan Lspl dalam satuan cm^2, cukup mengalikan dengan 10.000.

Sebagai bahan pengayaan untuk mempermudah pemahaman pengukuran luas bidang dasar, maka diberikan latihan di bawah ini.

Kerjakanlah soal berikut berdasarkan perintah yang diberikan!

(a) Hasil ukur diameter setinggi dada dari 10 pohon *Acacia mangium* tertera seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Diameter setinggi dada 10 pohon *Acacia mangium* dalam 1 plot contoh.

Nomor Pohon	Diameter (cm)	Nomor Pohon	Diameter (cm)
1	21	6	56
2	28	7	63
3	35	8	70
4	42	9	77
5	49	10	84

Hitunglah luas bidang dasar 10 pohon *Acacia mangium* tersebut menggunakan :

(i) Rumus dasar luas lingkaran berdasarkan diameter (D)!

(ii) Rumus terapan Lbds berdasarkan diameter (D)!

(iii) Rumus dasar luas lingkaran berdasarkan hasil pengukuran busur lingkaran (keliling/K)!

(iv) Rumus terapan Lbds berdasarkan keliling (K)!

Jawab!

(i) Rumus dasar luas lingkaran berdasarkan diameter (D).

Lbds = $\frac{1}{4}$ x π x D^2

Pohon 1. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(21)^2 = 0{,}035\ m^2$

Pohon 2. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(28)^2 = 0{,}062\ m^2$

Pohon 3. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(35)^2 = 0{,}096\ m^2$

Pohon 4. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(42)^2 = 0{,}139\ m^2$

Pohon 5. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(49)^2 = 0{,}189\ m^2$

Pohon 6. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(56)^2 = 0{,}246\ m^2$

Pohon 7. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(63)^2 = 0{,}312\ \mathrm{m}^2$

Pohon 8. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(70)^2 = 0{,}385\ \mathrm{m}^2$

Pohon 9. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(77)^2 = 0{,}466\ \mathrm{m}^2$

Pohon 10. Lbds = $\frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(84)^2 = 0{,}554\ m^2$

(ii) Rumus terapan Lbds berdasarkan diameter (D).

Lbds = $\frac{11}{140000}\ x\ D^2\ (m^2)$

Pohon 1. Lbds = $\frac{11}{140000}\ x\ (21)^2 = 0{,}035\ m^2$

Pohon 2. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(28)^2 = 0{,}062\ \mathrm{m}^2$

Pohon 3. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(35)^2 = 0{,}096\ \mathrm{m}^2$

Pohon 4. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(42)^2 = 0{,}139\ \mathrm{m}^2$

Pohon 5. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(49)^2 = 0{,}189\ \mathrm{m}^2$

Pohon 6. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(56)^2 = 0{,}246\ \mathrm{m}^2$

Pohon 7. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(63)^2 = 0{,}312\ \mathrm{m}^2$

Pohon 8. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(70)^2 = 0{,}385\ \mathrm{m}^2$

Pohon 9. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(77)^2 = 0{,}466\ m^2$

Pohon 10. Lbds = $\frac{11}{140000}\ x\ (84)^2 = 0{,}554\ m^2$

(iii) Rumus dasar luas lingkaran berdasarkan hasil pengukuran busur lingkaran (keliling/K).

Karena yang diketahui dalam soal adalah diameter (D), maka :

- Keliling (K) harus dicari terlebih dahulu menggunakan rumus : K = π x D

Pohon 1. K = $\frac{22}{7}$ x 21 = 66 cm

Pohon 2. K = $\frac{22}{7}$ x 28 = 88 cm

Pohon 3. K = $\frac{22}{7}$ x 35 = 110 cm

Pohon 4. K = $\frac{22}{7}$ x 42 = 132 cm

Pohon 5. K = $\frac{22}{7}$ x 49 = 154 cm

Pohon 6. K = $\frac{22}{7}$ x 56 = 176 cm

Pohon 7. K = $\frac{22}{7}$ x 63 = 198 cm

Pohon 8. K = $\frac{22}{7}$ x 70 = 220 cm

Pohon 9. K = $\frac{22}{7}$ x 77 = 242 cm

Pohon 10. K = $\frac{22}{7}$ x 84 = 264 cm

- Selanjutnya, mencari luas lingkaran berdasarkan hasil pengukuran busur lingkaran (keliling/K) :

  Lbds = $\frac{1}{4\pi}$ x $(K)^2$

Pohon 1. Lbds = $\frac{1}{4 \times \frac{22}{7}}$ x $(66)^2$

= $\frac{7}{4 \times 22}$ x $(66)^2$

= $\frac{7}{88}$ x $(66)^2$

= 0,035 m^2

Pohon 2. Lbds = $\frac{1}{4 \times \frac{22}{7}}$ x $(88)^2$

= $\frac{7}{4 \times 22}$ x $(88)^2$

= $\frac{7}{88}$ x $(88)^2$

= 0,062 m^2

Pohon 3. Lbds = $\frac{1}{4 \times \frac{22}{7}}$ x $(110)^2$

= $\frac{7}{4 \times 22}$ x $(110)^2$

= $\frac{7}{88}$ x $(110)^2$

= 0,096 m^2

Pohon 4. Lbds = $\frac{1}{4 \times \frac{22}{7}}$ x $(132)^2$

= $\frac{7}{4 \times 22}$ x $(132)^2$

= $\frac{7}{88}$ x $(132)^2$

= 0,139 m^2

Pohon 5. Lbds $= \frac{1}{4 \times \frac{22}{7}} \times (154)^2$

$= \frac{7}{4 \times 22} \times (154)^2$

$= \frac{7}{88} \times (154)^2$

$= 0{,}189 \text{ m}^2$

Pohon 6. Lbds $= \frac{1}{4 \times \frac{22}{7}} \times (176)^2$

$= \frac{7}{4 \times 22} \times (176)^2$

$= \frac{7}{88} \times (176)^2$

$= 0{,}246 \text{ m}^2$

Pohon 7. Lbds $= \frac{1}{4 \times \frac{22}{7}} \times (198)^2$

$= \frac{7}{4 \times 22} \times (198)^2$

$= \frac{7}{88} \times (198)^2$

$= 0{,}312 \text{ m}^2$

Pohon 8. Lbds $= \frac{1}{4 \times \frac{22}{7}} \times (220)^2$

$= \frac{7}{4 \times 22} \times (220)^2$

$= \frac{7}{88} \times (220)^2$

$= 0{,}385 \text{ m}^2$

Pohon 9. Lbds $= \frac{1}{4 \times \frac{22}{7}} \times (242)^2$

$= \frac{7}{4 \times 22} \times (242)^2$

$= \frac{7}{88} \times (242)^2$

$= 0{,}466 \text{ m}^2$

Pohon 10. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (264)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (264)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (264)^2$

$= 0{,}554 \text{ m}^2$

(iv) Rumus terapan Lbds berdasarkan keliling (K).
Karena yang diketahui dalam soal adalah diameter (D), maka :

- Keliling (K) harus dicari terlebih dahulu menggunakan rumus :
  K = π x D

Pohon 1. K = $\frac{22}{7}$ x 21 = 66 cm

Pohon 2. K = $\frac{22}{7}$ x 28 = 88 cm

Pohon 3. K = $\frac{22}{7}$ x 35 = 110 cm

Pohon 4. K = $\frac{22}{7}$ x 42 = 132 cm

Pohon 5. K = $\frac{22}{7}$ x 49 = 154 cm

Pohon 6. K = $\frac{22}{7}$ x 56 = 176 cm

Pohon 7. K = $\frac{22}{7}$ x 63 = 198 cm

Pohon 8. K = $\frac{22}{7}$ x 70 = 220 cm

Pohon 9. K = $\frac{22}{7}$ x 77 = 242 cm

Pohon 10. K = $\frac{22}{7}$ x 84 = 264 cm

- Selanjutnya, mencari Lbds menggunakan rumus keliling (K) :

  Lbds = $\frac{7}{880000}\ x\ K^2\ (m^2)$

  Pohon 1. Lbds = $\frac{7}{880000}\ x\ (66)^2 = 0{,}035\ m^2$

  Pohon 2. Lbds = $\frac{7}{880000}$ x $(88)^2 = 0{,}062$ m^2

  Pohon 3. Lbds = $\frac{7}{880000}$ x $(110)^2 = 0{,}096$ m^2

  Pohon 4. Lbds = $\frac{7}{880000}$ x $(132)^2 = 0{,}137$ m^2

  Pohon 5. Lbds = $\frac{7}{880000}$ x $(154)^2 = 0{,}189$ m^2

  Pohon 6. Lbds = $\frac{7}{880000}$ x $(176)^2 = 0{,}246$ m^2

  Pohon 7. Lbds = $\frac{7}{880000}$ x $(198)^2 = 0{,}312$ m^2

  Pohon 8. Lbds = $\frac{7}{880000}$ x $(220)^2 = 0{,}385$ m^2

  Pohon 9. Lbds = $\frac{7}{880000}$ x $(242)^2 = 0{,}466$ m^2

  Pohon 10. Lbds = $\frac{7}{880000}\ x\ (264)^2 = 0{,}554\ m^2$

Berdasarkan keempat rumus Lbds, baik rumus dasar luas lingkaran dan terapan Lbds berdasarkan diameter (D) maupun keliling (K) diperoleh hasil Lbds yang sama dari 10 pohon *Acacia mangium* seperti yang tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Lbds 10 pohon *Acacia mangium* hasil berdasarkan rumus dasar dan terapan.

No. Pohon	D (cm)	K (cm)	Lbds dasar (m^2)	Lbds terapan (m^2)
1	21	66	0,035	0,035
2	28	88	0,062	0,062
3	35	110	0,097	0,097
4	42	132	0,139	0,139
5	49	154	0,189	0,189

No. Pohon	D (cm)	K (cm)	Lbds dasar (m^2)	Lbds terapan (m^2)
6	56	176	0,246	0,246
7	63	198	0,312	0,312
8	70	220	0,385	0,385
9	77	242	0,466	0,466
10	84	264	0,554	0,554

(b) Hasil ukur keliling dari 10 pohon *Acacia mangium* tertera seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Keliling 10 pohon *Acacia mangium* dalam 1 plot contoh.

Nomor Pohon	Keliling (cm)
1	21
2	28
3	35
4	42
5	49

Nomor Pohon	Keliling (cm)
6	56
7	63
8	70
9	77
10	84

Hitunglah luas bidang dasar 10 pohon *Acacia mangium* tersebut menggunakan :

(i) Rumus dasar luas lingkaran berdasarkan hasil pengukuran busur lingkaran (keliling/K)!
(ii) Rumus terapan Lbds berdasarkan keliling (K)!
(iii) Rumus dasar luas lingkaran berdasarkan diameter (D)!
(iv) Rumus terapan Lbds berdasarkan diameter (D)!

Jawab!

(i) Rumus dasar luas lingkaran berdasarkan hasil pengukuran busur lingkaran (keliling/K).

$$\text{Lbds} = \frac{1}{4\pi} \text{ x } (K)^2$$

Pohon 1. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (21)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (21)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (21)^2$

$= 0{,}004 \text{ m}^2$

Pohon 2. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (28)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (28)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (28)^2$

$= 0{,}006 \text{ m}^2$

Pohon 3. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (35)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (35)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (35)^2$

$= 0{,}010 \text{ m}^2$

Pohon 4. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (42)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (42)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (42)^2$

$= 0{,}014 \text{ m}^2$

Pohon 5. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (49)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (49)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (49)^2$

$= 0{,}019 \text{ m}^2$

Pohon 6. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (56)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (56)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (56)^2$

$= 0{,}025 \text{ m}^2$

Pohon 7. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (63)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (63)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (63)^2$

$= 0{,}032 \text{ m}^2$

Pohon 8. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (70)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (70)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (70)^2$

$= 0{,}039 \text{ m}^2$

Pohon 9. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (77)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (77)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (77)^2$

$= 0{,}047 \text{ m}^2$

Pohon 10. Lbds $= \frac{1}{4 \text{ x } \frac{22}{7}} \text{ x } (84)^2$

$= \frac{7}{4 \text{ x } 22} \text{ x } (84)^2$

$= \frac{7}{88} \text{ x } (84)^2$

$= 0{,}056 \text{ m}^2$

(ii) Rumus terapan Lbds berdasarkan keliling (K)!

Lbds $= \frac{7}{880000} \, x \, K^2 \, (m^2)$

Pohon 1. Lbds $= \frac{7}{880000} \, x \, (21)^2 = 0{,}004 \, m^2$

Pohon 2. Lbds $= \frac{7}{880000} \text{ x } (28)^2 = 0{,}006 \text{ m}^2$

Pohon 3. Lbds $= \frac{7}{880000} \text{ x } (35)^2 = 0{,}010 \text{ m}^2$

Pohon 4. Lbds $= \frac{7}{880000} \text{ x } (42)^2 = 0{,}014 \text{ m}^2$

Pohon 5. Lbds $= \frac{7}{880000} \text{ x } (49)^2 = 0{,}019 \text{ m}^2$

Pohon 6. Lbds $= \frac{7}{880000} \text{ x } (56)^2 = 0{,}025 \text{ m}^2$

Pohon 7. Lbds $= \frac{7}{880000} \text{ x } (63)^2 = 0{,}032 \text{ m}^2$

Pohon 8. Lbds $= \frac{7}{880000} \text{ x } (70)^2 = 0{,}039 \text{ m}^2$

Pohon 9. Lbds $= \frac{7}{880000} \text{ x } (77)^2 = 0{,}047 \text{ m}^2$

Pohon 10. Lbds $= \frac{7}{880000} \text{ x } (84)^2 = 0{,}056 \text{ m}^2$

(iii) Rumus dasar luas lingkaran berdasarkan diameter (D).

Karena yang diketahui dalam soal adalah keliling (K), maka :

- Diameter (D) harus dicari terlebih dahulu menggunakan rumus :

  $D = \frac{K}{\pi}$

Pohon 1. $D = \frac{21}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{147}{7} = 6{,}68$ cm

Pohon 2. $D = \frac{28}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{196}{7} = 8{,}91$ cm

Pohon 3. $D = \frac{35}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{245}{7} = 11{,}14$ cm

Pohon 4. D $= \frac{42}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{294}{7}$ = 13,36 cm

Pohon 5. D $= \frac{49}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{343}{7}$ = 15,59 cm

Pohon 6. D $= \frac{56}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{392}{7}$ = 17,82 cm

Pohon 7. D $= \frac{63}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{441}{7}$ = 20,05 cm

Pohon 8. D $= \frac{70}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{490}{7}$ = 22,27 cm

Pohon 9. D $= \frac{77}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{539}{7}$ = 24,50 cm

Pohon 10. D $= \frac{84}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{588}{7}$ = 26,73 cm

- Selanjutnya, mencari Lbds menggunakan rumus diameter (D) :

Lbds = $\frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ D^2$

Pohon 1. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(6,68)^2 = 0,004\, m^2$

Pohon 2. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(8,91)^2 = 0,006\, m^2$

Pohon 3. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(11,14)^2 = 0,010\, m^2$

Pohon 4. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(13,36)^2 = 0,014\, m^2$

Pohon 5. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(15,59)^2 = 0,019\, m^2$

Pohon 6. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(17,82)^2 = 0,025\, m^2$

Pohon 7. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(20,05)^2 = 0,032$ m^2

Pohon 8. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(22,27)^2 = 0,039$ m^2

Pohon 9. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(24,50)^2 = 0,047$ m^2

Pohon 10. Lbds $= \frac{1}{4}$ x $\frac{22}{7}$ x $(26,73)^2 = 0,056\, m^2$

(iv) Rumus terapan Lbds berdasarkan diameter (D).

Karena yang diketahui dalam soal adalah keliling (K), maka :

- Diameter (D) harus dicari terlebih dahulu menggunakan rumus :

  D $= \frac{K}{\pi}$

Pohon 1. $D = \frac{21}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{147}{7} = 6{,}68$ cm

Pohon 2. $D = \frac{28}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{196}{7} = 8{,}91$ cm

Pohon 3. $D = \frac{35}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{245}{7} = 11{,}14$ cm

Pohon 4. $D = \frac{42}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{294}{7} = 13{,}36$ cm

Pohon 5. $D = \frac{49}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{343}{7} = 15{,}59$ cm

Pohon 6. $D = \frac{56}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{392}{7} = 17{,}82$ cm

Pohon 7. $D = \frac{63}{\frac{22}{7}}$

$D = \frac{441}{7} = 20{,}05$ cm

Pohon 8. D = $\frac{70}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{490}{7}$ = 22,27 cm

Pohon 9. D = $\frac{77}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{539}{7}$ = 24,50 cm

Pohon 10. D = $\frac{84}{\frac{22}{7}}$

D = $\frac{588}{7}$ = 26,73 cm

- Selanjutnya, mencari Lbds menggunakan rumus diameter (D) :

Lbds = $\frac{11}{140000}\ x\ D^2\ (m^2)$

Pohon 1. Lbds = $\frac{11}{140000}\ x\ (6{,}68)^2 = 0{,}004\ m^2$

Pohon 2. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(8{,}91)^2 = 0{,}006$ m^2

Pohon 3. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(11{,}14)^2 = 0{,}010$ m^2

Pohon 4. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(13{,}36)^2 = 0{,}014$ m^2

Pohon 5. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(15{,}59)^2 = 0{,}019$ m^2

Pohon 6. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(17{,}82)^2 = 0{,}025$ m^2

Pohon 7. Lbds = $\frac{11}{140000}$ x $(20{,}05)^2 = 0{,}032$ m^2

$$\text{Pohon 8. Lbds} = \frac{11}{140000} \times (22{,}27)^2 = 0{,}039 \text{ m}^2$$

$$\text{Pohon 9. Lbds} = \frac{11}{140000} \times (24{,}50)^2 = 0{,}047 \text{ m}^2$$

$$\text{Pohon 10. Lbds} = \frac{11}{140000} \times (26{,}73)^2 = 0{,}056 \text{ m}^2$$

Berdasarkan keempat rumus Lbds, baik rumus dasar luas lingkaran dan terapan Lbds berdasarkan diameter (D) maupun keliling (K) diperoleh hasil Lbds yang sama dari 10 pohon *Acacia mangium* seperti yang tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Lbds 10 pohon *Acacia mangium* hasil berdasarkan rumus dasar dan terapan

No. Pohon	K (cm)	D (cm)	Lbds dasar (m^2)	Lbds terapan (m^2)
1	21	6,68	0,004	0,004
2	28	8,91	0,006	0,006
3	35	11,14	0,010	0,010
4	42	13,36	0,014	0,014
5	49	15,59	0,019	0,019

No. Pohon	K (cm)	D (cm)	Lbds dasar (m^2)	Lbds terapan (m^2)
6	56	17,82	0,025	0,025
7	63	20,25	0,032	0,032
8	70	22,27	0,039	0,039
9	77	24,50	0,047	0,047
10	84	26,73	0,056	0,056

(3) Cara Pengukuran

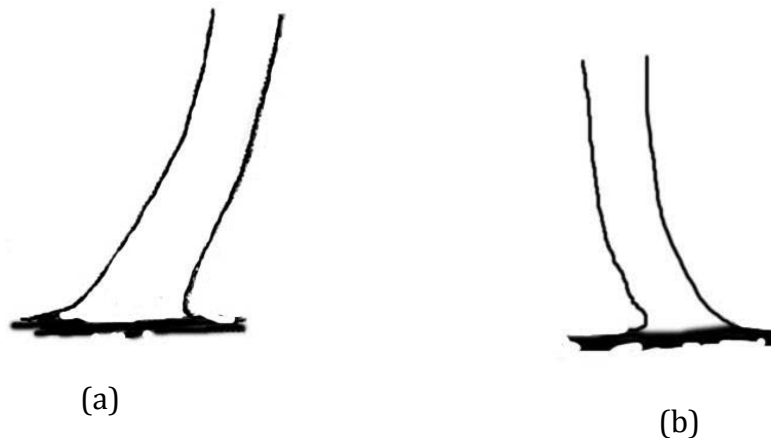
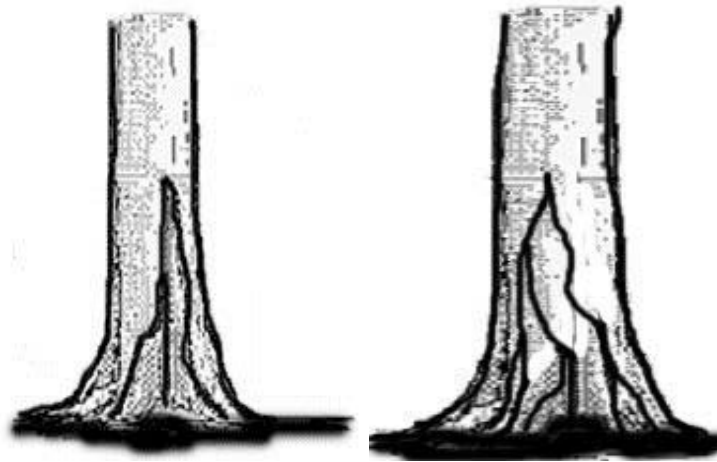
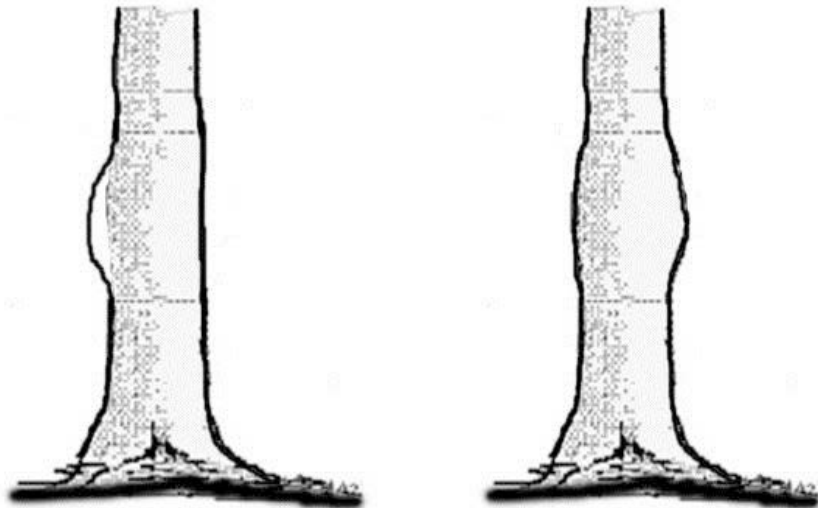
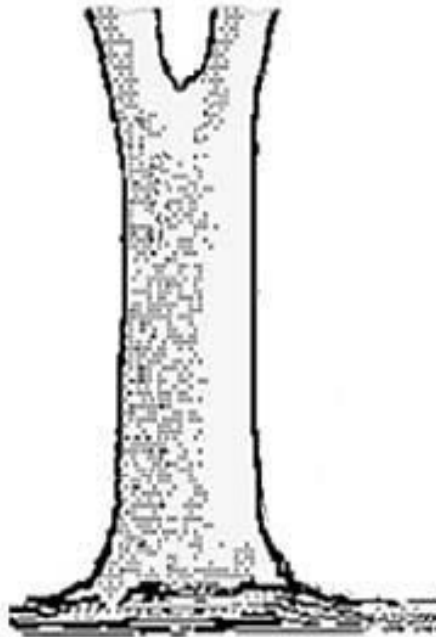
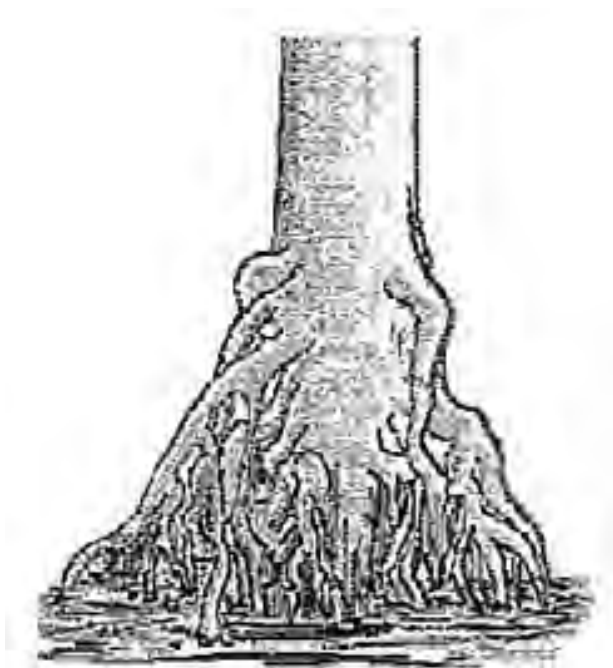
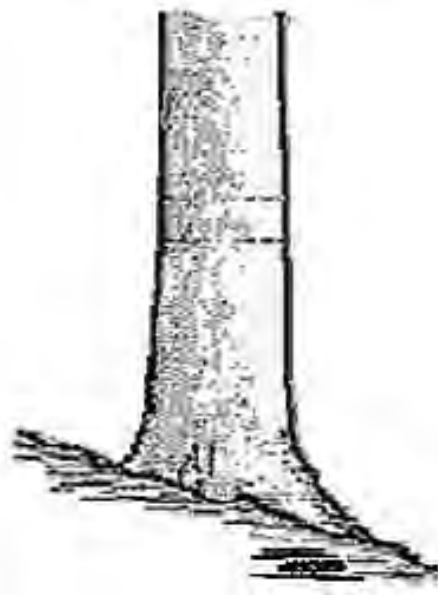
Pengukuran diameter pohon di Indonesia menggunakan sistem metrik dimana pengukurannya dilakukan pada batang pohon dengan ketinggian 1,30 m di atas permukaan tanah (dat). Batasan ketinggian 1,30 m dat untuk pengukuran diameter ini dapat diterima di Indonesia

mengingat angka 1,30 m dat bagi sebagian besar orang Indonesia memberikan kenyamanan dalam melakukan pengukuran diameter, yaitu pengukuran dapat dilakukan dengan tidak membungkuk ataupun berjingkat. Tetapi, kondisi pohon dan tanah hutan akan sangat mempengaruhi pengukuran diameter pohon berdiri di dalam hutan. **Mengapa?**

Kondisi tegakan hutan yang tidak seragam memberikan dampak terhadap cara pengukuran pohon hutan. Perbedaan cara pengukuran tersebut bergantung dari karakteristik pohon maupun kondisi tanah hutannya. Di bawah ini terdapat beberapa karakteristik pohon dan kondisi tanah hutan yang memberikan dampak perbedaan dalam melakukan pengukuran pohon hutan, yaitu :

(a) Batang pohon tumbuh tidak lurus melainkan miring (Gambar 3).
(b) Adanya akar banir pada pohon (Gambar 4).
(c) Batang pohon pada ketinggian 1,3 m dat cacad (Gambar 5).
(d) Batang pohon membentuk cagak atau garpu (Gambar 6).
(e) Pohon yang tumbuh di hutan rawa atau payau (Gambar 7).
(f) Tanah tempat tumbuh pohon miring (Gambar 8).

(a)

(b)

Gambar 3. Pohon miring ke kanan (a), dan pohon miring ke kiri (b)

Gambar 4. Pohon memiliki akar banir
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Gambar 5. Batang pohon cacad
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Gambar 6. Batang pohon menggarpu
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Gambar 7. Pohon di hutan rawa/payau
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Gambar 8. Pohon tumbuh di tanah miring
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Setelah memperhatikan keenam gambar karakteristik pohon dan kondisi tanah hutan yang memberikan dampak perbedaan dalam melakukan pengukuran pohon hutan, tentunya akan timbul pertanyaan dalam benak Anda, **bagaimana cara melakukan pengukuran diameter pohon berdiri apabila kita menemukan salah satu kondisi seperti pada gambar di atas?**

Untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut, mari Anda simak uraian di bawah ini.

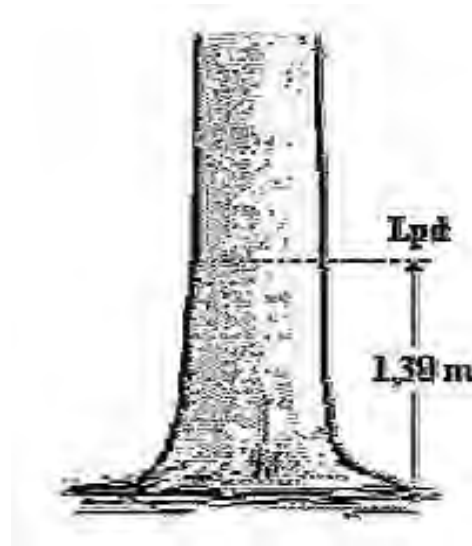
Asy'ari dkk. (2012) telah menjelaskan bahwa pada awalnya untuk kemudahan pengukuran diameter atau keliling batang yang disesuaikan dengan juluran kedua lengan agak merendah ke depan dilakukan dengan harapan tidak memberikan rasa lelah selama pengukuran diameter atau keliling batang berlangsung. Tetapi, fakta di lapangan membuktikan bahwa pengukuran diameter atau keliling batang dengan

juluran kedua lengan berada pada setinggi dada tidak memberikan secara jelas posisi batang pohon yang diukur diameternya atau kelilingnya. **Mengapa?** Posisi batang pohon yang diukur akan berbeda-beda apabila orang yang melakukan pengukuran memiliki tinggi yang berbeda. Oleh sebab itu, untuk keseragaman pengukuran dan memberikan hasil pengukuran dengan tingkat ketelitian yang tinggi maka akhirnya diambil patokan pengukuran diameter atau keliling batang yang dilakukan setinggi dada adalah 1,30 m dat. Masih di dalam Asy'ari dkk. (2012), sebenarnya kesepakatan tersebut sudah termasuk upaya menghindari jika letak pengukuran diameter atau keliling pada lekukan batang (neloid). Spilasi yang digunakan untuk menghindari lekukan batang tersebut sebesar 0,20 m. Jadi setinggi dada yang sebenarnya adalah (1,30 m – 0,20 m) = 1,10 meter dan kemudian ditambah spilasi 0,20 m. Ini akan tampak jelas pada ketentuan letak pengukuran diameter atau keliling yang akan dijelaskan berikut.

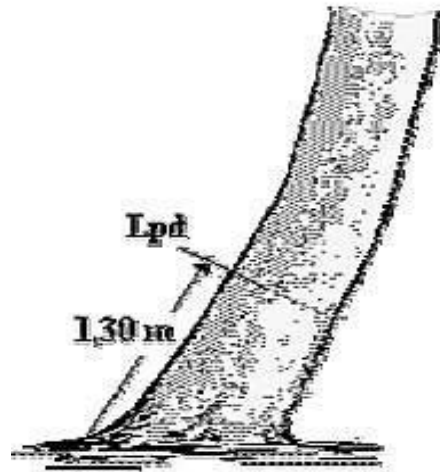
Memperhatikan kondisi berdiri batang pohon dan kondisi permukaan tanah tidak selalu relatif datar, sehingga dapat menyebabkan kesalahan letak pengukuran. Agar diperoleh data yang akurat, maka letak pengukuran diameter atau keliling harus disesuaikan. Di bawah ini diberikan pemaparan cara pengukuran diameter atau keliling batang pohon berdiri.

(a) Pohon berdiri tegak di atas tanah datar

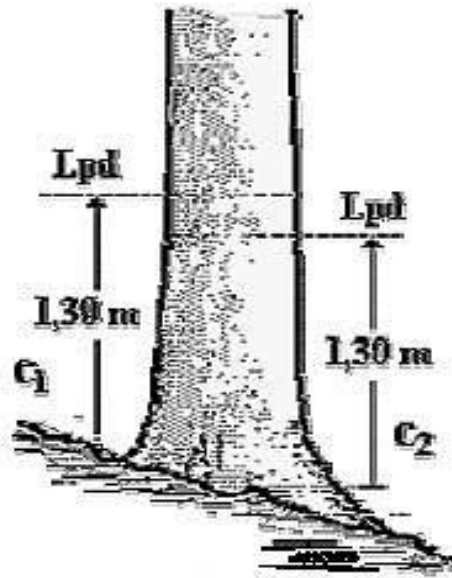
Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) yang diukur pada pohon berdiri adalah diameter atau keliling batang pohon yang berjarak 1,30 m di atas permukaan tanah. Oleh sebab itu, ketentuan pengukuran diameter atau keliling setinggi 1,30 m didasarkan untuk pohon berdiri tegak pada permukaan tanah

yang relatif datar, sehingga pengukurannya dapat dilakukan seperti yang terlihat dalam Gambar 9.

Gambar 9. Lpd pohon berdiri tegak di atas tanah datar
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

(b) Pohon berdiri miring di atas tanah datar

Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) yang diukur apabila pohon berdiri miring di atas tanah adalah pada bagian miring batang pohon di sebelah atasnya. Dengan demikian pengukuran diameter atau keliling batang pohon dilakukan seperti yang terlihat dalam Gambar 10, yaitu sejauh 1,30 m di atas permukaan tanah.

Gambar 10. Lpd pohon berdiri miring di atas tanah datar
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

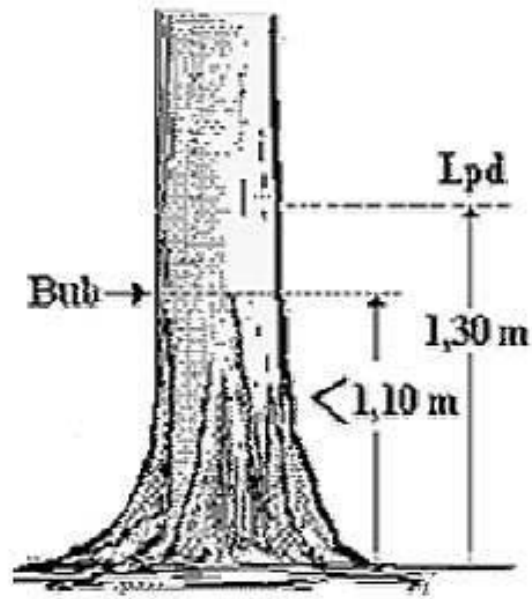
(c) Pohon berdiri miring di atas tanah miring

Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) yang diukur apabila pohon berdiri tegak pada permukaan tanah yang cukup miring (lereng) adalah diameter atau keliling batang pohon yang berjarak 1,30 m di atas permukaan tanah dari salah satu permukaan tanah tempat tumbuh pohon tersebut. **Mengapa?** Permukaan tanah yang miring akan memberikan kesempatan dalam pengukuran diameter atau keliling batang pohon dengan dua cara seperti yang terlihat dalam Gambar 11.

Gambar 11. Lpd pohon berdiri miring di atas tanah miring
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

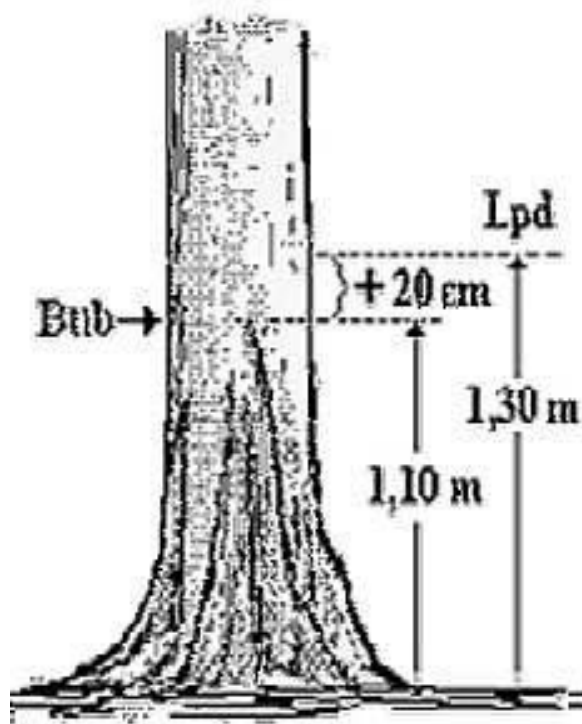
(d) Pohon yang memiliki akar banir

Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang memiliki banir adalah didasarkan ketinggian ujung banir pada pohon berdiri.

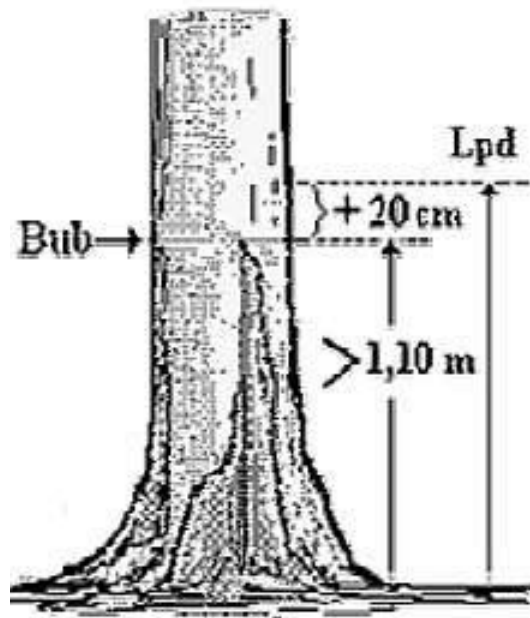
– Batas ujung banir (Bub) kurang dari 1,10 m

Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang memiliki banir kurang dari 1,10 m adalah setinggi 1,30 m di atas permukaan tanah. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 12.

Gambar 12. Lpd pohon berbanir kurang dari 1,10 m
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

- Batas ujung banir (Bub) tepat setinggi 1,10 m

  Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang memiliki banir tepat setinggi 1,10 m adalah setinggi 1,10 m + 0,20 m atau setinggi 1,30 m di atas permukaan tanah. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 13.

Gambar 13. Lpd pohon berbanir tepat setinggi 1,10 m
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

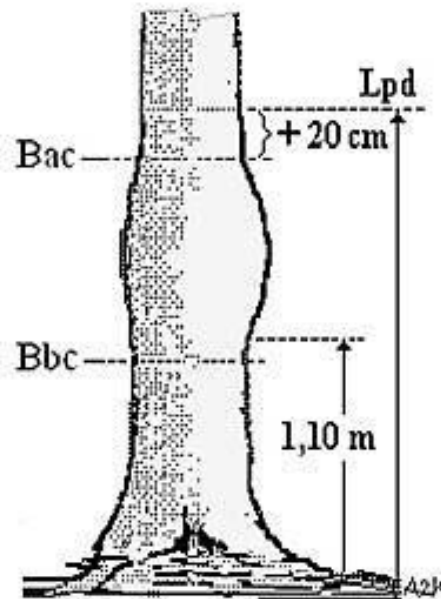
– Batas ujung banir (Bub) lebih dari 1,10 m

  Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang memiliki banir lebih dari 1,10 m adalah batas ujung banir + 0,20 m di atas permukaan tanah. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 14.

Gambar 14. Lpd pohon berbanir lebih dari 1,10 m
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

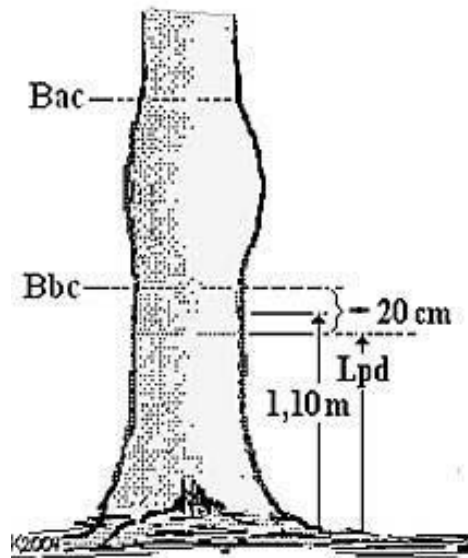
(e) Penyimpangan bentuk batang (batang cacad)

Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang memiliki penyimpangan bentuk batang atau batang cacad adalah didasarkan ketinggian batas bawah bagian yang cacad (Bbc) dan batas atasnya (Bac).

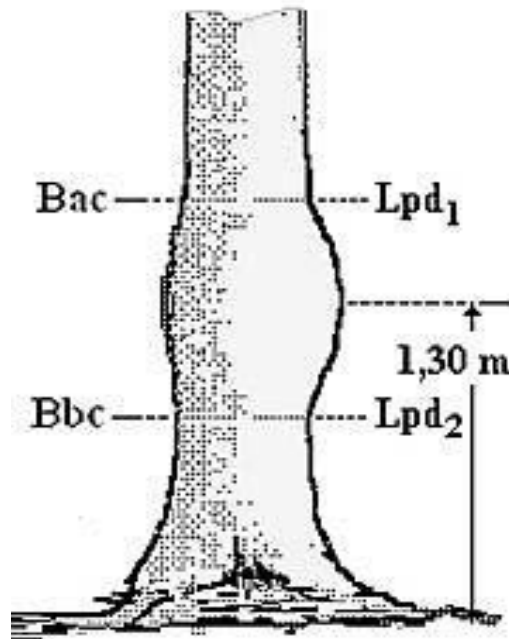
– Batas bawah bagian yang cacad (Bbc) kurang dari 1,10 m

  Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang ketinggian batas bawah bagian yang cacad (Bbc) kurang dari 1,10 m adalah setinggi batas atas bagian yang cacad (Bac) + 0,20 m di atas permukaan tanah. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 15.

Gambar 15. Lpd pohon dengan Bbc kurang dari 1,10 m
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

– Batas bawah bagian yang cacad (Bbc) lebih dari 1,10 m

  Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang ketinggian batas bawah bagian yang cacad (Bbc) lebih dari 1,10 m adalah setinggi batas bawah bagian yang cacad (Bbc) - 0,20 m di atas permukaan tanah. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 16.

Gambar 16. Lpd pohon dengan Bbc lebih dari 1,10 m
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

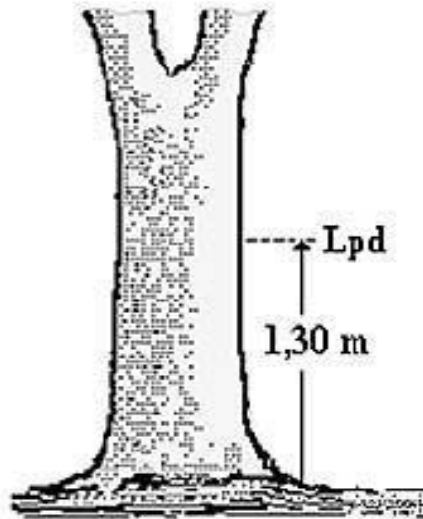
– Batas bawah bagian yang cacad (Bbc) lebih kurang setinggi 1,10 m

  Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang ketinggian batas bawah bagian yang cacad (Bbc) lebih kurang setinggi 1,10 m adalah setinggi Bbc (Lpd_2) dan Bac (Lpd_1) di atas permukaan tanah. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 17. Dengan demikian, hasil pengukuran diameter atau keliling batang pohon adalah $\frac{(Lpd_1 + Lpd_2)}{2}$.

Gambar 17. Lpd pohon dengan Bbc lebih kurang setinggi 1,10 m
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

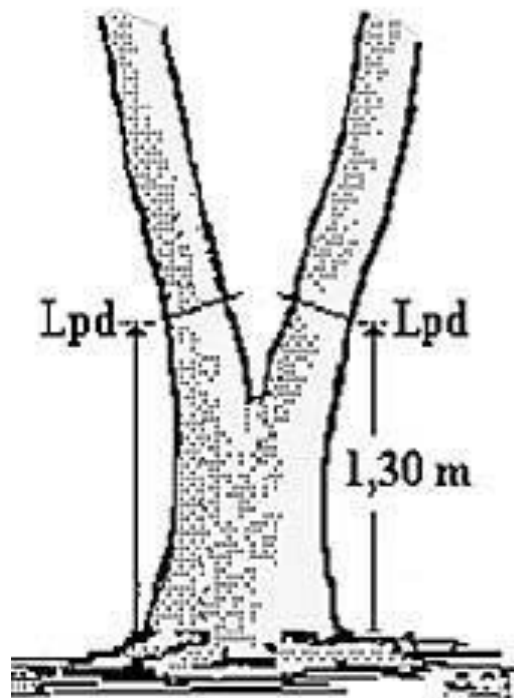
(f) Batang bercagak atau menggarpu

Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang memiliki bentuk bercagak atau menggarpu adalah didasarkan ketinggian lekukan cagak atau garpu.

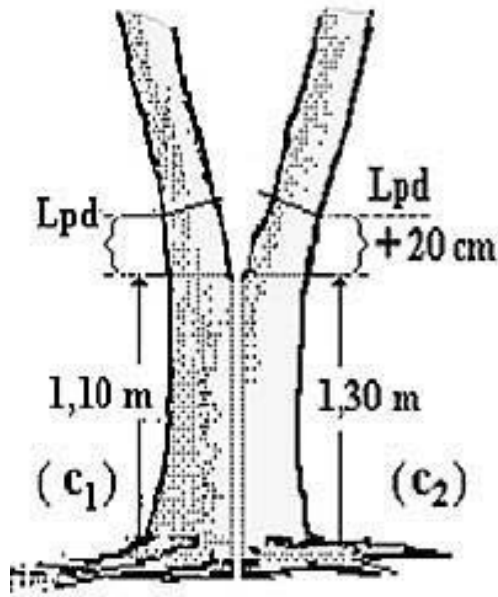
– Ketinggian lekukan cagak atau garpu lebih dari 1,30 m

  Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang ketinggian lekukan cagak atau garpu lebih dari 1,30 m adalah setinggi 1,30 m di atas permukaan tanah. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 18.

Gambar 18. Lpd pohon lekukan cagak lebih dari 1,30 m
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

- Ketinggian lekukan cagak atau garpu kurang dari 1,30 m

  Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang ketinggian lekukan cagak atau garpu kurang dari 1,30 m adalah setinggi 1,30 m di atas permukaan tanah dari kedua cagak atau garpu pohon tersebut. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 19. Dengan demikian, hasil pengukuran diameter atau keliling batang pohon adalah $\frac{(Lpd_1 + Lpd_2)}{2}$.

Gambar 19. Lpd pohon lekukan cagak kurang dari 1,30 m
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

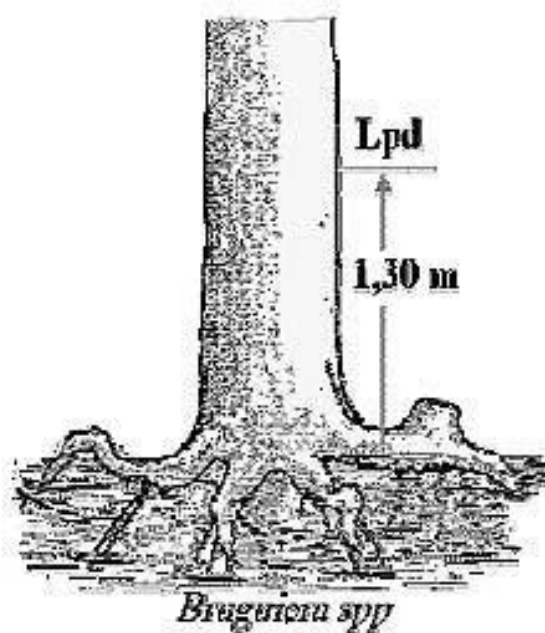
– Ketinggian lekukan cagak atau garpu tepat setinggi 1,10 m dan 1,30 m

  Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang ketinggian lekukan cagak atau garpu tepat setinggi 1,10 m (C_1) dan 1,30 m (C_2) adalah setinggi 1,10 m + 0,20 m (C_1) dan 1,30 m + 0,20 m (C_2) di atas permukaan tanah dari kedua cagak atau garpu pohon tersebut. Jadi, Lpd masing-masing cagak adalah 1,30 m dan 1,50 m Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 20. Dengan demikian, hasil pengukuran diameter atau keliling batang pohon adalah $\frac{(Lpd_1 + Lpd_2)}{2}$.

Gambar 20. **Lpd pohon lekukan cagak tepat setinggi 1,10 m dan 1,30 m**
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

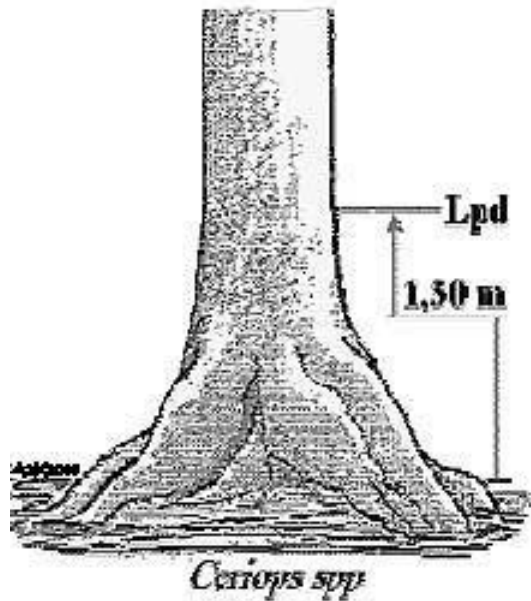
(g) Pohon lahan basah (rawa/payau)

Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon yang tumbuh di lahan basah (rawa/payau) adalah didasarkan jenis pohonnya. Beberapa contoh dapat dilihat di bawah ini.

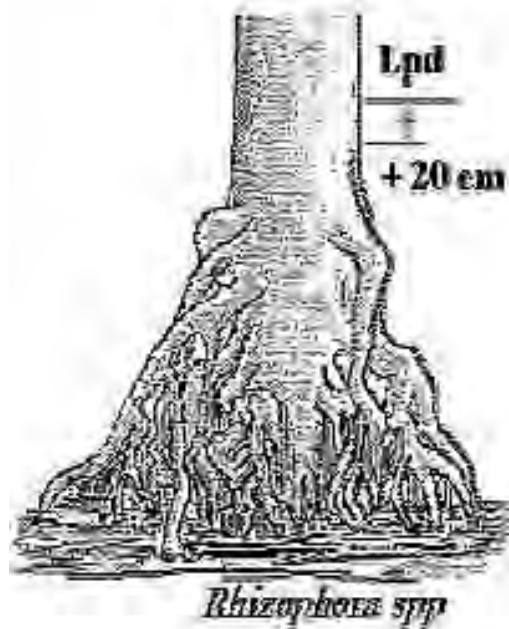
– Jenis *Bruguiera spp.*

Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon jenis *Bruguiera spp.* adalah setinggi 1,30 m di atas akar. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 21.

Gambar 21. Lpd pohon jenis *Bruguiera spp.*
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

- Jenis Ceriops *spp.*

  Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon jenis *Ceriops spp.* adalah setinggi 1,30 m di atas bagian akar yang berbatasan dengan air. Namun demikian, hal yang harus diperhatikan adalah jenis *Ceriops spp.* memiliki perakaran banir sehingga perlu ditinjau terlebih dahulu berapa ketinggian banir tersebut. Apabila ketinggian banir tersebut kurang dari 1,30 m, maka Lpd dilakukan setinggi 1,30 m dari batas bagian akar yang kena air. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 22.

Gambar 22. **Lpd pohon jenis *Ceriops spp.***
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

– Jenis *Rhizopora spp.*

Letak pengukuran diameter atau keliling (Lpd) batang pada pohon jenis *Rhizopora spp.* adalah setinggi 0,20 m dari ujung bagian akar teratas. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon ini seperti yang terlihat dalam Gambar 23.

Gambar 23. Lpd pohon jenis *Rhizopora spp.*
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

(4) Kecermatan pengukuran

Saat pengukuran diameter atau keliling tidak jarang terjadi kesalahan. Kesalahan yang sering terjadi adalah pada letak pengukurannya, antara lain :

(a) Meletakkan alat atau saat membidik (alat optik).
(b) Pembacaan skala (satuan ukuran).

Penggunaan alat dengan cara yang benar dengan keterampilan yang memadai secara otomatis merupakan suatu koreksi. Demikian pula saat pembacaan skala hendaknya dilakukan dengan seksama. Saat terjadi kesalahan meletakkan alat, mungkin saja dapat diperbaiki, tetapi kekeliruan saat membaca skala tidak dapat diperbaiki (dikoreksi). Oleh sebab itu, kecermatan saat mengukur diameter atau keliling sangat diutamakan.

Ketelitian mengukur diameter atau keliling (pohon berdiri atau rebah) tergantung dari beberapa faktor, antara lain :

(a) Alat ukur.
(b) Cara mengukur → meletakkan alat ukur, keterampilan, ketelitian yang diinginkan.
(c) Waktu.
(d) Biaya.

Namun, permasalahan yang sering terjadi saat pengukuran dimensi pohon (diameter atau keliling, tinggi atau panjang) adalah pada kekurangcermatan saat melakukan pengukuran. Ketidakcermatan tersebut sangat berpengaruh terhadap luas bidang dasar (Lbds) dan juga volume pohon. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan tingkat ketelitian pengukuran diameter, maka :

(a) Pengukurannya dilakukan minimal dua kali (kecuali pita ukur) mengingat lingkaran batang pohon tidak merupakan lingkaran penuh.
(b) Pembacaan skala saat pengukuran harus dengan cermat. Pengukuran batang pohon (berdiri atau rebah) yang berdiameter kecil memerlukan kecermatan yang lebih tinggi dibanding diameter yang lebih besar.

Contoh!

Pada pembacaan skala diameter pohon berdiri diperoleh perbedaan 1 cm, yaitu untuk diameter kecil sebesar 24 cm dan 25 cm, serta untuk diameter besar sebesar 54 cm dan 55 cm.

Perhatikan dengan seksama perhitungan berikut ini!

- Untuk pohon dengan diameter kecil

$$Lbds_1 = \frac{11}{140000} (24)^2 = 0{,}045\, m^2$$

$$Lbds_2 = \frac{11}{140000} (25)^2 = 0{,}049\, m^2$$

Dari perhitungan kedua Lbds tersebut, dapat diperoleh selisih pengukuran sebesar 1 cm dari $Lbds_1$ dan $Lbds_2$ adalah sebesar 0,004 m^2 = 40 cm^2. Dalam notasi persen, dapat dituliskan $\left(\frac{0{,}049-0{,}045}{0{,}045}\right) x\ 100\% =$ 8,5%.

- Untuk pohon dengan diameter besar

$$Lbds_1 = \frac{11}{140000} (54)^2 = 0{,}229\, m^2$$

$$Lbds_2 = \frac{11}{140000} (55)^2 = 0{,}238\, m^2$$

Dari perhitungan kedua Lbds tersebut, dapat diperoleh selisih pengukuran sebesar 1 cm dari $Lbds_1$ dan $Lbds_2$ adalah sebesar 0,009 m^2 = 90 cm^2. Dalam notasi persen, dapat dituliskan $\left(\frac{0{,}238-0{,}229}{0{,}229}\right) x\ 100\% = 3{,}7\%$.

Berdasarkan hasil kedua perhitungan di atas (pohon dengan diameter kecil dan pohon dengan diameter besar), maka dapat diambil kesimpulan bahwa pada pengukuran batang pohon yang memiliki selisih 1 cm akan memberikan dampak persentase perbedaan Lbds

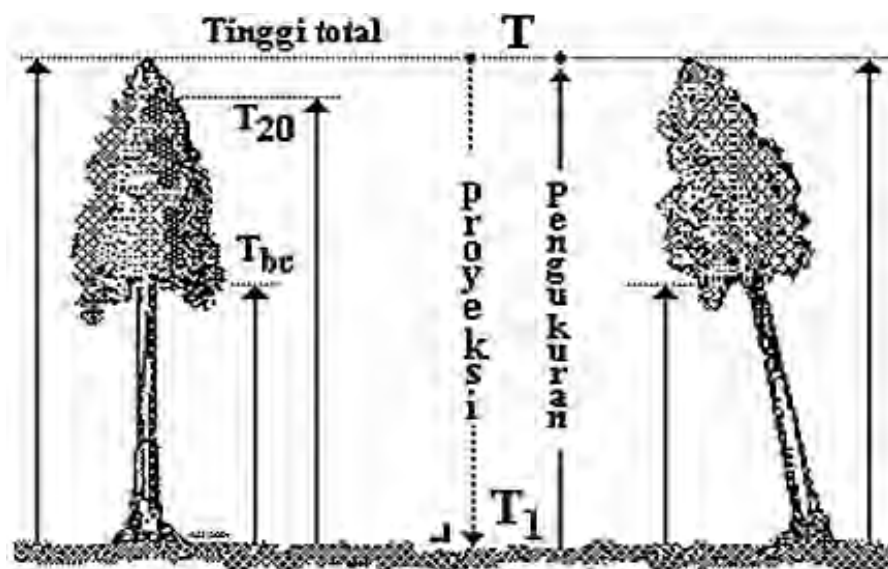
untuk batang pohon yang berdiameter kecil lebih besar dibandingkan dengan batang pohon yang berdiameter besar (lebih jelasnya dapat dilihat dalam Tabel 7). Oleh sebab itu pengukuran pada batang berdiameter kecil memerlukan kecermatan yang lebih tinggi atau dengan kata lain pengukuran batang berdiameter kecil hendaknya dilakukan dengan hati-hati.

Tabel 7. Hasil perhitungan dan persentase selisih pengukuran 1 cm

No.	Pohon dengan Diameter	Selisih Pengukuran (cm)	Persentase (%)
1.	Kecil	40	8,5
2.	Besar	90	3,7

(c) Pembulatan hasil ukur diameter batang pohon (desimal) harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Sebagai contoh, diameter 29,3 cm dibulatkan menjadi 29 cm dan 27,6 cm dibulatkan menjadi 28 cm. Dari contoh tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai desimal < 0,5 dibulatkan ke bawah dan nilai desimal > 0,5 dibulatkan ke atas. **Tetapi, akan menjadi sebuah perdebatan apabila hasil pengukuran diameter batang pohon sebesar 45,5 cm. Akan dibulatkan menjadi 45 cm atau dibulatkan menjadi 46 cm?** Pada kasus seperti ini, pembulatan hasil ukuran perlu memperhatikan nilai angka desimal berikutnya seperti 45,53 cm dapat dibulatkan menjadi 45 cm atau 45,57 dapat dibulatkan menjadi 46 cm. Namun, untuk mendapatkan hasil yang lebih cermat dapat dilakukan ukur ulang. Keputusan yang diambil sangat tergantung dari kesepakatan yang biasanya berkaitan dengan suatu kebijakan.

f. Pengukuran Tinggi

Tinggi pohon merupakan salah satu dimensi yang digunakan dalam pengukuran kayu. Tinggi pohon didefinisikan sebagai jarak atau panjang garis terpendek antara suatu titik pada pohon dengan proyeksinya pada bidang datar (lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 24).

Gambar 24. Tinggi pohon
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari gambar tersebut, dapat diambil pelajaran :

1) Tinggi total adalah jarak terpendek dari titik puncak pohon dengan titik proyeksinya pada bidang datar.
2) Tinggi pohon bebas cabang (T_{bc}) adalah jarak terpendek dari titik bebas cabang dengan titik proyeksinya pada bidang datar.

Hal yang perlu diingat!

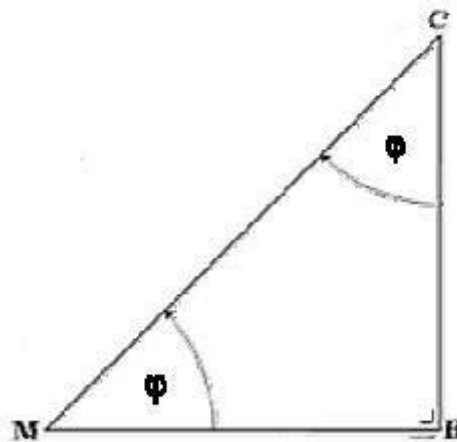
Istilah tinggi pohon hanya berlaku untuk pohon yang masih berdiri, sedangkan untuk pohon rebah digunakan istilah panjang pohon.

Selanjutnya, pertanyaan yang mungkin timbul dalam benak adalah bagaimana cara untuk mengukur tinggi pohon?

Untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut, mari Anda simak uraian berikut ini!

Rumus Dasar Tinggi dan Pengembangannya

1. Rumus berdasarkan sudut-derajat

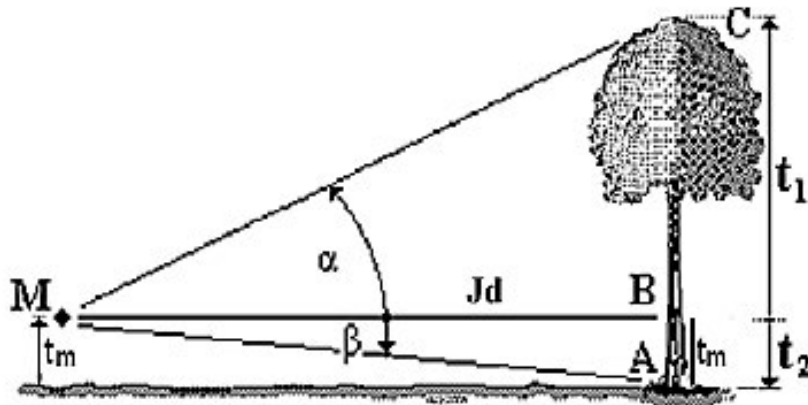
   Rumus tinggi didasarkan pada rumus ilmu ukur sudut yaitu rumus tangen. Pengukuran tinggi diilustrasikan berupa segitiga sama kaki dengan sudut di kedua kaki sebesar 45^{o}. Terkait dengan keidentikkan rentangan sudut-derajat ($\phi = \delta$) terhadap sudut-persen ($\phi = \delta$), sehingga besaran 45^{o} diidentikkan dengan 100% (Gambar 25).

Gambar 25. Segitiga sama kaki
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Keterangan :

Δ MBC menunjukkan untuk ϕ = δ bahwa :

- tangen δ = $\frac{BC}{MB}$
- BC = tangen δ x MB

Selanjutnya rumus tersebut dikembangkan dengan memperhatikan posisi/kedudukan mata saat membidik pohon atau sebaliknya posisi pohon saat dibidik. Terdapat tiga posisi mata pada saat membidik pohon, yaitu :

1) Posisi mata berada diantara pangkal dan bagian atas batang (ujung batang/tajuk, bebas cabang atau tinggi tertentu) dan arah bidik sejajar dengan bidang datar/arah bidik datar (Gambar 26).

Gambar 26. Rumus dasar tinggi berdasarkan posisi (1)
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari gambar tersebut dapat diperoleh rumus tinggi pohon, yaitu :

T = (t_1 + t_2)

T = (Jd x tangen α) + (Jd x tangen β)

T = Jd x (tangen α + tangen β)

Keterangan :

T = tinggi total pohon (m)

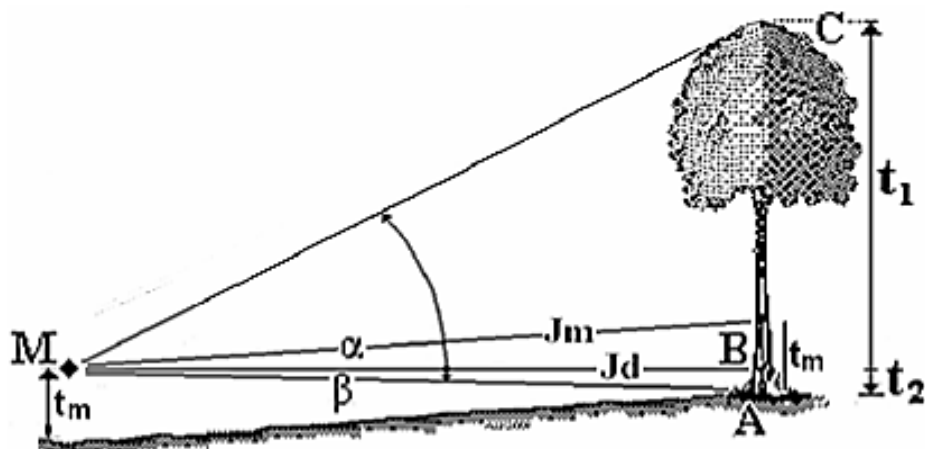
t_1 = tinggi pohon BC (m)

t2 = tinggi pohon AB (m)

Jd = jarak datar antara pembidik dengan pohon (m)

α = sudut yang terbentuk saat membidik pucuk pohon (m)

β = sudut yang terbentuk saat membidik pangkal pohon (m)

2) Posisi mata masih berada diantara pangkal dan bagian atas batang, tetapi arah bidik tidak sejajar dengan bidang datar/arah bidik menaik (Gambar 27).

Gambar 27. Rumus dasar tinggi berdasarkan posisi (2)
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari gambar tersebut dapat diperoleh rumus tinggi pohon, yaitu :

$T = (t_1 + t_2)$

$T = (Jd \times \text{tangen } \alpha) + (Jd \times \text{tangen } \beta)$

$T = Jd \times (\text{tangen } \alpha + \text{tangen } \beta)$

Keterangan :

T = tinggi total pohon (m)

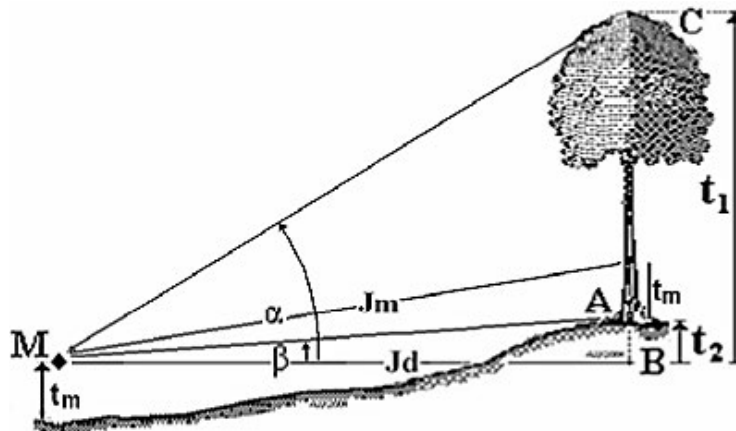
t_1 = tinggi pohon BC (m)

t_2 = tinggi pohon AB (m)

Jd = jarak datar antara pembidik dengan pohon (m)

α = sudut yang terbentuk saat membidik pucuk pohon (m)

β = sudut yang terbentuk saat membidik pangkal pohon (m)

3) Posisi mata berada lebih rendah dari pangkal batang/arah bidik menaik (Gambar 28).

Gambar 28. Rumus dasar tinggi berdasarkan posisi (3)
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari gambar tersebut dapat diperoleh rumus tinggi pohon, yaitu :

$T = (t_1 - t_2)$

$T = (Jd \times \text{tangen } \alpha) - (Jd \times \text{tangen } \beta)$

$T = Jd \times (\text{tangen } \alpha - \text{tangen } \beta)$

Keterangan :

T = tinggi total pohon (m)

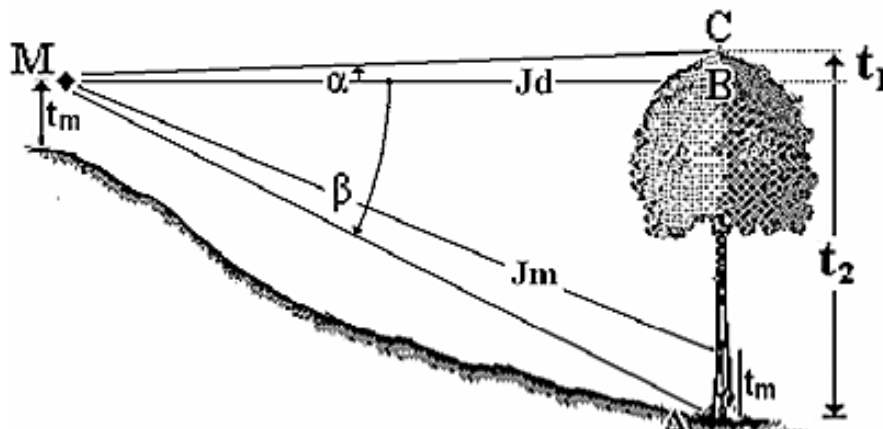
t_1 = tinggi pohon BC (m)

t_2 = tinggi pohon AB (m)

Jd = jarak datar antara pembidik dengan pohon (m)

α = sudut yang terbentuk saat membidik pucuk pohon (m)

β = sudut yang terbentuk saat membidik pangkal pohon (m)

4) Posisi mata masih berada diantara pangkal dan bagian atas batang, tetapi arah bidik tidak sejajar dengan bidang datar/arah bidik menurun (Gambar 29).

Gambar 29. Rumus dasar tinggi berdasarkan posisi (4)
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari gambar tersebut dapat diperoleh rumus tinggi pohon, yaitu :

$$T = (t_1 + t_2)$$

$$T = (Jd \times \text{tangen } \alpha) + (Jd \times \text{tangen } \beta)$$

$$T = Jd \times (\text{tangen } \alpha + \text{tangen } \beta)$$

Keterangan :

T = tinggi total pohon (m)

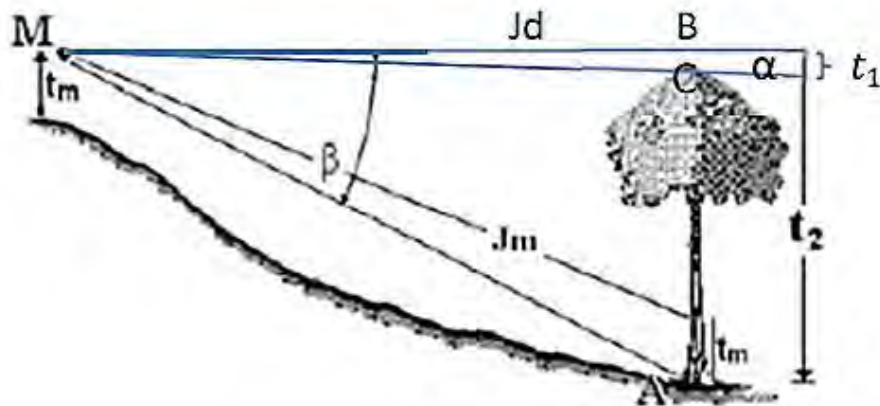
t_1 = tinggi pohon BC (m)

t_2 = tinggi pohon AB (m)

Jd = jarak datar antara pembidik dengan pohon (m)

α = sudut yang terbentuk saat membidik pucuk pohon (m)

β = sudut yang terbentuk saat membidik pangkal pohon (m)

5) Posisi mata berada lebih tinggi dari bagian atas batang/arah bidik menurun (Gambar 30)

Gambar 30. Rumus dasar tinggi berdasarkan posisi (5)

Dari gambar tersebut dapat diperoleh rumus tinggi pohon, yaitu :

$T = (t_2 - t_1)$

$T = (Jd \times \text{tangen } \beta) - (Jd \times \text{tangen } \alpha)$

$T = Jd \times (\text{tangen } \beta - \text{tangen } \alpha)$

Keterangan :

T	=	tinggi total pohon (m)
t_1	=	tinggi BC (m)
t_2	=	tinggi AB (m)
Jd	=	jarak datar antara pembidik dengan pohon (m)
α	=	sudut yang terbentuk saat membidik pucuk pohon (m)
β	=	sudut yang terbentuk saat membidik pangkal pohon (m)

Memperhatikan kelima rumus dasar tinggi di atas, ternyata terdapat tiga kelompok rumus tinggi pohon, yaitu :

a) T = Jd x (tangen α + tangen β)

Rumus ini digunakan pada saat kedudukan pembidik dan pohon berdiri pada posisi (1), posisi (2), dan posisi (4). **Mengapa bisa terjadi penggunaan rumus yang sama?** Ternyata pada posisi posisi (1), posisi (2), dan posisi (4), mata pembidik masih berada diantara pangkal dan bagian atas batang pada saat melakukan pengukuran tinggi pohon.

b) T = Jd x (tangen α - tangen β)

Rumus ini digunakan pada saat kedudukan pembidik dan pohon berdiri pada posisi (3), yaitu posisi mata berada lebih rendah dari pangkal batang (arah bidik menaik).

c) T = Jd x (tangen β - tangen α)

Rumus ini digunakan pada saat kedudukan pembidik dan pohon berdiri pada posisi (5), yaitu posisi mata berada lebih tinggi dari bagian atas batang (arah bidik menurun).

Hal yang perlu diingat!

a) Ketiga rumus tinggi di atas berlaku dengan persyaratan nilai sudut yang terbentuk selalu bernilai positif, baik arah bidik ke atas atau ke bawah.

b) Arah pembagian skala berawal dari posisi bidang datar (bidang datar saat pembidikan setinggi mata) bernilai 00, maka untuk menyatakan arah bidik ke atas nilai sudut diberi tanda + (positif) dan nilai sudut untuk arah bidik ke bawah diberi tanda – (negatif). Sehingga berdasarkan pada arah bidik tersebut, maka ketiga rumus dasar di atas dapat dirangkum menjadi satu rumus tinggi, yaitu :

$$\mathbf{T = Jd \times (tangen\ \alpha - tangen\ \beta)}$$

c) dengan nilai α atau β dapat bernilai positif atau negatif, tergantung posisi arah bidik.

Memperhatikan ilustrasi yang digambarkan pada Gambar 27 dan Gambar 28 mungkin masih dapat ditoleransi dengan ketentuan/aturan tertentu yang menyatakan masih dianggap datar (relatif datar), sehingga jarak lapangan (ukur/miring) dapat dianggap sama dengan jarak datar. Tetapi untuk memperoleh jarak datar yang diilustrasikan pada Gambar 29 dan Gambar 30 perlu dipertanyakan. **Apakah ada kemungkinan lain untuk mengukur jarak datar dengan kondisi yang demikian?**

Meninjau rumus sudut (Gambar 25) yang dibentuk oleh bidang miring terhadap bidang datar yaitu sudut lereng dengan rumus cosinus, $\cos(\delta) = MB/MC$ atau $MB = MC \times \cos(\delta)$. Rumus ini identik dengan $Jd = Jm \times \cos(\delta)$. Sehingga rumus dasar tinggi di atas menjadi :

$$T = Jm \times \cos(\delta) \times (tg\ \alpha - tg\ \beta)$$

dengan Jm adalah jarak miring.

2. Rumus berdasarkan persentase sudut atau persentase lereng

Tinggi pohon tidak hanya dapat diukur dengan rumus sudut-derajat, tetapi dapat juga diukur dengan pendekatan persentase kelerengan. **Benarkah?** Untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut, mari simak konsep persentase kelerengan yang digunakan untuk mengukur tinggi pohon.

Jika pembacaan sudut saat pembidikan berupa persen ($\varphi = p$), maka rumus tingginya ($t_1 + t_2$) adalah :

$$T = Jd \times (atas\% + bawah\%)$$

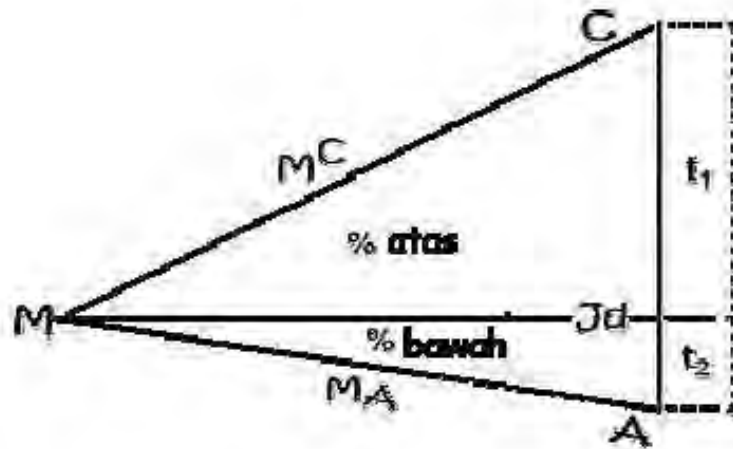
dimana,

atas% = pembidikan ke bagian atas batang (C) yaitu MC.

bawah% = pembidikan ke pangkal batang (A) yaitu MA.

Dengan besaran masing-masing sudut dalam %, maka rumus di atas menjadi :

$$T = Jd \times (MC\% + MA\%)$$

Lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 31.

Gambar 31. Dasar pembacaan persen sudut
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Mengingat bidang datar berada setinggi mata (bukan pada permukaan tanah) berarti pula pembacaan ke atas dari bidang datar setinggi mata bernilai positif (+) dan pembacaan ke bawah dari bidang datar setinggi mata bernilai negatif (-), maka rumus di atas berubah menjadi :

T = Jd x {MC% + (-MA%)}
atau T = Jd x (MC% – MA%)

Selanjutnya, bila kita uraikan rumus tersebut akan menjadi :

$$T = Jd\ x\ \left(\frac{MC}{100} - \frac{MA}{100}\right)$$

atau $T = Jd\ x\ \left(\frac{MC - MA}{100}\right)$

Hal yang perlu diingat!

Untuk mengatasi kesalahan saat memasukkan (input) data MC dan MA dalam %, maka data MC dan MA dinyatakan tanpa persen dengan notasi %MC dan %MA. Selanjutnya pembacaan sudut cukup memperhatikan besaran nilai sudut dan arah bidik, sedangkan persennya sendiri telah berupa penyebut yaitu pembagi 100. Sehingga bentuk rumus perhitungan tinggi dalam persen adalah :

$$T = Jd\ x\ \left(\frac{\%MC - \%MA}{100}\right)$$

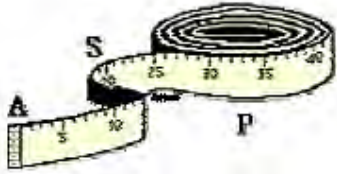
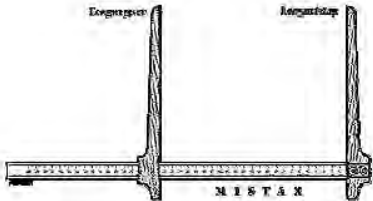
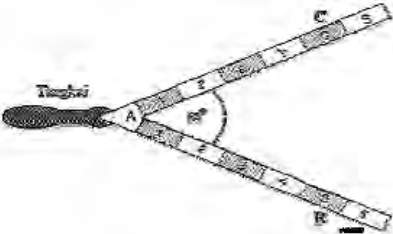
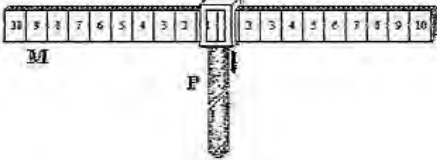
Keterangan :

%MC = pembidikan ke bagian atas batang (ujung batang/tajuk, bebas cabang atau tinggi hingga diameter tertentu.

%MA = pembidikan ke pangkal batang.

Sejalan dengan dasar penentuan tinggi dengan sudut-derajat, maka rumus tinggi pada kondisi lereng menjadi :

$$T = Jm\ x\ \cos(0{,}45\ x\ p)\ x\ \left(\frac{\%MC - \%MA}{100}\right)$$

Keterangan :

0,45 = konstanta.

p = persen-sudut (%lereng), dimana nilai p bisa positif atau bisa juga negatif.

g. Alat ukur diameter

Terdapat beberapa alat ukur diameter yang umum digunakan di lapangan, diantaranya seperti yang terlihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 8. Gambar alat ukur diameter yang umum digunakan

No.	Nama Alat Ukur	Gambar
1.	Pita ukur	
2.	Apit pohon (Kaliper)	
3.	Garpu pohon	
4.	Mistar Biltmore	

No.	Nama Alat Ukur	Gambar
5.	Spiegel Relaskop	

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Setelah mengetahui macam dan bentuk alat ukur diameter batang pohon berdiri, selanjutnya pertanyaan yang harus dapat dijawab dari alat ukur diameter adalah :

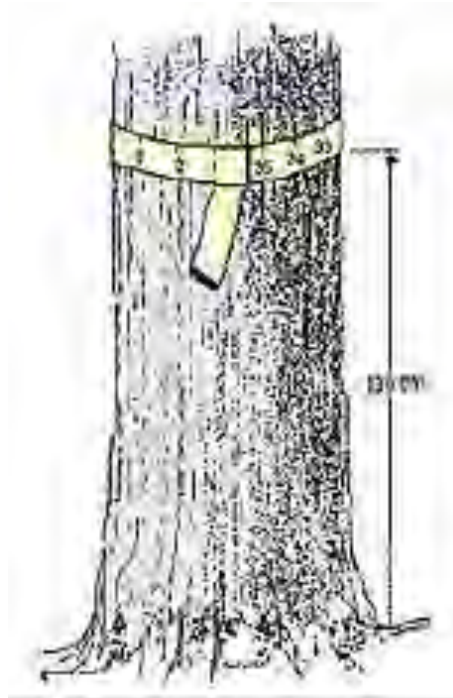
1) Bagaimana bentuk fisik sebenarnya alat ukur diameter tersebut?
2) Bagaimana dasar kerja kelima alat ukur diameter tersebut?
3) Kapan dapat terjadi kesalahan pengukuran dari kelima alat ukur diameter tersebut?

Untuk dapat menjawab dua pertanyaan tersebut, mari simak uraian di bawah ini!

1) Pita ukur
   a) Bentuk fisik pita ukur

      Bentuk fisik pita ukur berupa pita yang mempunyai skala (satuan ukur). Satuan ukur yang digunakan adalah cm dengan satuan ukur terkecil dalam mm. Pita ukur dapat berupa pita keliling atau pita diameter (phi band).

b) Dasar Kerja

Pita ukur dililitkan ke batang pohon setinggi 1,30 m (Gambar 32). Hasil ukurannya adalah keliling jika menggunakan pita keliling dan jika menggunakan pita diameter maka hasil ukurannya adalah diameter. Skala ukuran pita diameter adalah $d = \frac{k}{\pi}$.

Gambar 32. Cara penggunaan pita ukur
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Contoh perhitungan :

(a) Pengukuran dengan pita keliling

Hasil pengukuran diperoleh keliling batang pohon sebesar 125 cm. Berapa diameter batang pohon tersebut?

Jawab!

Perhitungan diameter batang menggunakan rumus konversi :

$$d = \frac{k}{\pi}$$

$$d = \frac{125}{\frac{22}{7}}$$

$$d = \frac{125 \, x \, 7}{22}$$

$$d = \frac{875}{22}$$

$$d = 39{,}77 \text{ cm}$$

Di lapangan, seringkali perhitungan dilakukan konvensional yaitu dengan cara membagi 3 dari hasil pengukuran keliling.

$$d = \frac{125}{3}$$

$$d = 41{,}67 \text{ cm}$$

Dari kedua hasil perhitungan di atas, apa yang dapat diambil sebagai pelajaran?

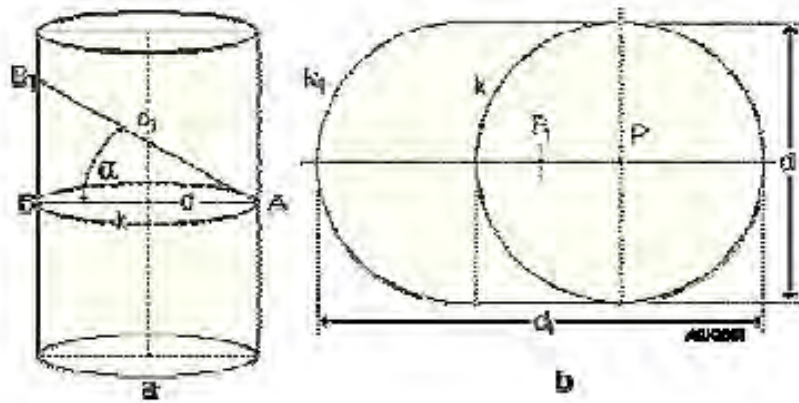
Cara konvensional akan menghasilkan ukuran diameter lebih besar dibandingkan rumus konversi, yaitu sebesar 1,89 cm. Nilai tersebut diperoleh dari pengurangan diameter hasil perhitungan konvensional terhadap diameter hasil perhitungan konversi, yakni 41,67 cm - 39,77 cm. Selain itu, hal yang dapat disimpulkan adalah kesalahan pengukuran diameter hasil perhitungan konvensional akan membesar jika keliling batang yang diukur semakin besar pula. Sebaliknya kesalahan akan mengecil, jika keliling batang yang diukur semakin kecil.

(b) Pengukuran dengan pita diameter (phi band)

Hasil pengukuran dengan phi-ban diperoleh diameter sebesar 75 cm. Dengan demikian, diameter batang pohon yang diukur adalah sebesar 75 cm.

(c) Kesalahan ukur diameter atau keliling batang pohon

Kesalahan ukur karena kedudukan pita melingkar batang tidak sejajar dengan atau tidak sama tinggi terhadap bidang datar. Sehingga lilitan pita tidak membentuk lingkaran, tetapi akan membentuk elips. Di bawah ini diberikan rumus kesalahan ukur diameter atau keliling batang pohon.

Untuk pengukuran keliling (Gambar 33).

Gambar 33. Kesalahan ukur dengan pita keliling
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Rumus keliling :

$k = \pi \times d$ akan menjadi

$k_1 = \frac{1}{2} \times \pi \times (d_1 + d)$.

Hal ini menyebabkan $k_1 - k$, sehingga kesalahan ukur keliling sebesar :

$E_k = k_1 - k$.

dengan ,

k = keliling.

d = diameter.

$\pi = \frac{22}{7}$ atau 3,14.

Ek = error keliling.

Setelah k_1 dan k dikonversi ke d_1 dan d, maka akan diperoleh :

$E_k = k_1 - k$

$E_k = \frac{1}{2} \times \pi \times (d1 + d) - (\pi \times d)$

$Ek = \frac{1}{2} \times \pi \times (d1 - d)$.

Karena,

$\cos \alpha = \frac{d}{d_1}$

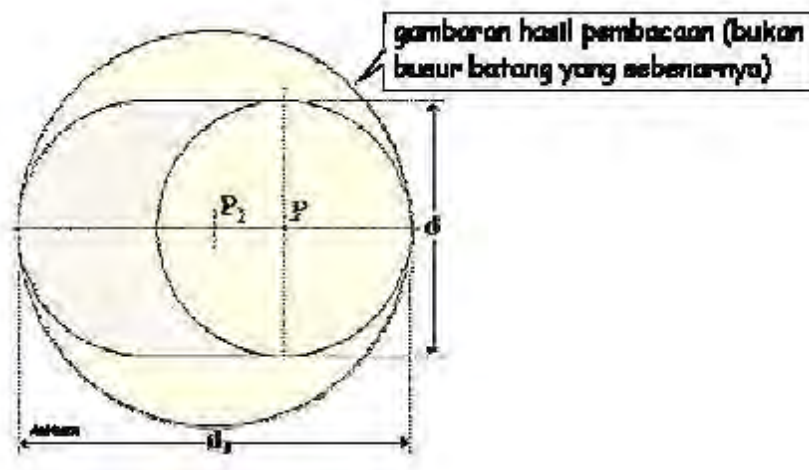
$d = d_1 \cos \alpha$

maka,

$E_k = \frac{1}{2} \times \pi \times (d_1 - d)$

$E_k = \frac{1}{2} \times \pi \times (d_1 - d_1 \cos \alpha)$

$E_k = \frac{1}{2} \times \pi \times d_1 (1- \cos \alpha)$.

Untuk pengukuran diameter (Gambar 34).

Gambar 34. Kesalahan ukur dengan diameter
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dengan memperhatikan gambar tersebut, maka :

$E_d = d_1 - d$

karena,

$\cos \alpha = \frac{d}{d_1}$

$d = d_1 \cos \alpha$

sehingga,

$E_d = d_1 - d_1 \cos \alpha$

$E_d = d_1 (1 - \cos \alpha).$

dengan E_d adalah error diameter.

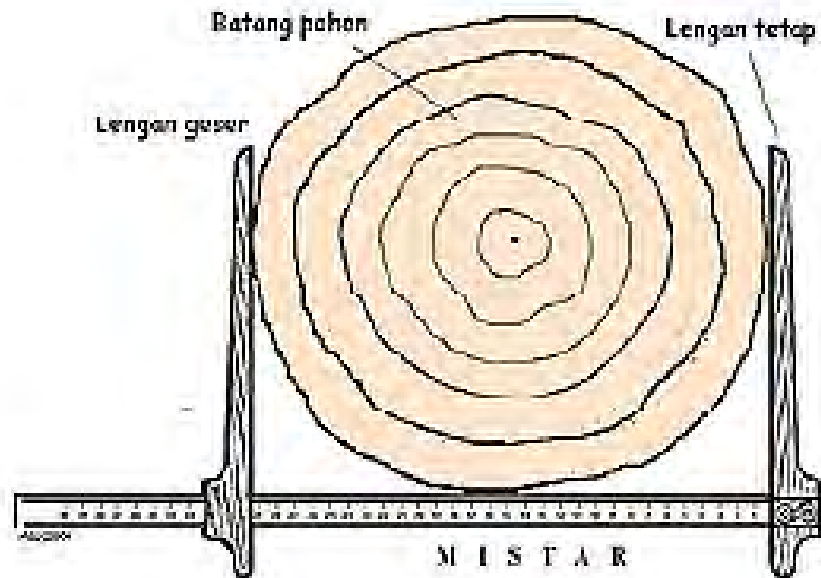
2) Apit pohon (Kaliper)

a) Bentuk fisik kaliper

Bentuk fisik kaliper berupa mistar yang mempunyai skala (satuan ukur) yang dilengkapi dengan lengan geser. Lengan geser ini memiliki fungsi sebagai pembaca skala pada mistar. Satuan ukur yang digunakan adalah cm dengan satuan ukur terkecil dalam mm.

b) Dasar Kerja

Karena lengan geser dapat digeser-geser pada mistar yang berskala, maka lengan geser akan langsung menunjukkan besaran diameter batang yang diukur dengan membaca skala pada mistar. **Bagaimana cara menggunakan kaliper ini?** Untuk jelasnya lihat Gambar 35 dan 36.

Gambar 35. Pengukuran diameter pohon menggunakan kaliper
Sumber : Lorimer (1982)

Gambar 36. Cara penggunaan kaliper
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Teknis pengukuran diameter batang pohon menggunakan kaliper adalah :

(a) Apitkan kedua lengan sama tinggi dari muka tanah (setinggi dada = 130 cm).
(b) Tentukan bagian lingkar batang yang terpendek (d1) sebagai pengukuran diameter yang pertama.
(c) Pengukuran diameter yang kedua (d2), tegak lurus pengukuran diameter yang pertama atau diameter terpanjang.
(d) Diameter batang pohon adalah rataan keduanya, yaitu :

$$d = \frac{1}{2}\, x\, (d2 + d1)$$

Mari simak contoh soal berikut sebagai wahana pemahaman lebih lanjut!

Hasil pembacaan kaliper pada saat melakukan pengukuran 10 diameter batang pohon *Agathis spp.* di Hutan Pendidikan Gunung Walat Sukabumi seperti ditunjukkan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Diameter setinggi dada 10 pohon *Agathis spp.*

No. Pohon	$Diameter_1$ (cm)	$Diameter_2$ (cm)	No. Pohon	$Diameter_1$ (cm)	$Diameter_2$ (cm)
1	20,6	21,2	6	55,7	56,3
2	27,8	28,3	7	62,1	63,0
3	33,9	35,0	8	71,7	70,2
4	41,8	41,9	9	76,8	77,6
5	48,4	49,0	10	83,6	84,1

Jawab!

Pohon 1. $d = \frac{1}{2}\ x\ (21,2 + 20,6)$

$d = \frac{1}{2}\ x\ (41,8)$

$d = 20,9$ cm

Pohon 2. $d = \frac{1}{2}\ x\ (28,3 + 27,8)$

$d = \frac{1}{2}\ x\ (46,1)$

$d = 23,05$ cm

Pohon 3. $d = \frac{1}{2}\ x\ (35{,}0 + 33{,}9)$

$d = \frac{1}{2}\ x\ (68{,}9)$

d = 34,45 cm

Pohon 4. $d = \frac{1}{2}\ x\ (41{,}9 + 41{,}8)$

$d = \frac{1}{2}\ x\ (83{,}7)$

d = 41,85 cm

Pohon 5. $d = \frac{1}{2}\ x\ (49{,}0 + 48{,}4)$

$d = \frac{1}{2}\ x\ (97{,}4)$

d = 48,70 cm

Pohon 6. $d = \frac{1}{2}\ x\ (56{,}3 + 55{,}7)$

$d = \frac{1}{2}\ x\ (112)$

d = 56,0 cm

Pohon 7. $d = \frac{1}{2}\ x\ (63{,}0 + 62{,}1)$

$d = \frac{1}{2}\ x\ (125{,}1)$

d = 62,55 cm

Pohon 8. $d = \frac{1}{2}\ x\ (70{,}2 + 71{,}7)$

$d = \frac{1}{2}\ x\ (141{,}9)$

d = 70,95 cm

Pohon 9. $d = \frac{1}{2}\ x\ (77{,}6 + 76{,}8)$

$d = \frac{1}{2}\ x\ (154{,}4)$

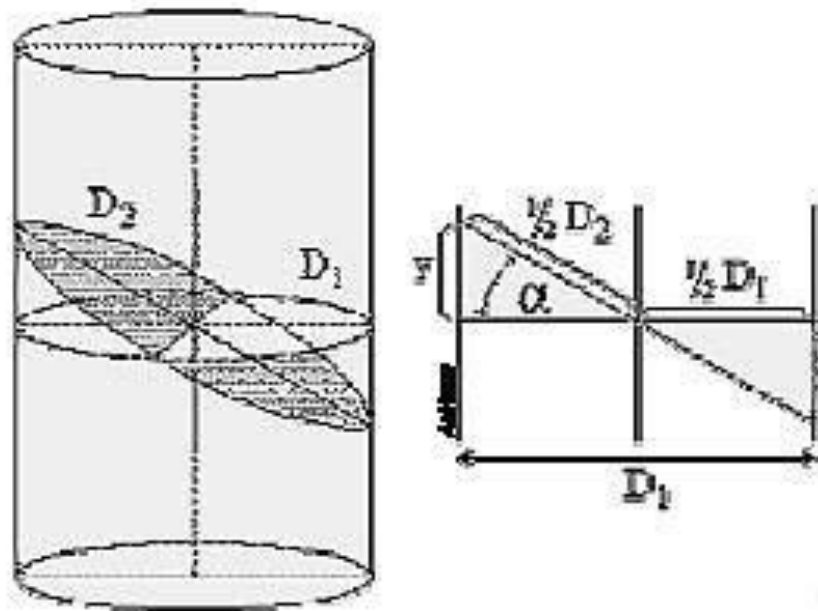
d = 77,20 cm

Pohon 10. $d = \frac{1}{2}\ x\ (84{,}1 + 83{,}6)$

$d = \frac{1}{2}$ x (167,7)

d = 83,85 cm

c) Kesalahan ukur keliling batang pohon

Kesalahan ukur akibat kedua lengan yang mengapit batang pohon tidak sama tinggi atau tidak sejajar dengan bidang datar. Kesalahan yang dibentuk lingkaran batang akan membentuk elips (Gambar 37). Sehingga kesalahan ukur yang diperoleh sebesar $E_d = d_2 - d_1$.

Gambar 37. Kesalahan ukur pada penggunaan kaliper
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Kesalahan ukur keliling dengan menggunakan kaliper dapat terjadi, apabila :

(1) Kesalahan ukur diketahui sebesar sudut α

$$\cos \alpha = \frac{\frac{1}{2}\, x\, d_1}{\frac{1}{2}\, x\, d_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

$d_1 = d_2 \text{ x } \cos \alpha$

maka kesalahan sudut sebesar α adalah $E_d = d_2 \text{ x } (1 - \cos \alpha)$.

(2) Kesalahan ukur diketahui sepanjang y (jarak)

$$(\frac{1}{2}\ x\ d_2)^2 = y^2 + (\frac{1}{2}\ x\ d_1)^2$$

$$(\frac{1}{2}\ x\ d_1)^2 = (\frac{1}{2}\ x\ d_1)^2 - y^2$$

$$d_1 = \sqrt{(d_2{}^2} - 4y^2)$$

(3) Kesalahan ukur diketahui dalam persen (%)

(a) % kesalahan sudut (P_d)

$$P_d = \frac{E_d}{d_1}\ x\ 100\%$$

$$P_d = \frac{(d_2 - (1 - \cos \alpha))}{d_2\ x \cos \alpha}\ x\ 100\%$$

$$P_d = (\frac{1}{\cos \alpha} - 1)\ x\ 100\%$$

(b) % kesalahan jarak (P_j)

$$P_j = \frac{E_j}{d_1}\ x\ 100\%$$

$$P_j = \frac{d_2 - \sqrt{(d_2{}^2 - 4y^2)}}{\sqrt{(d_2{}^2 - 4y^2)}}\ x\ 100\%$$

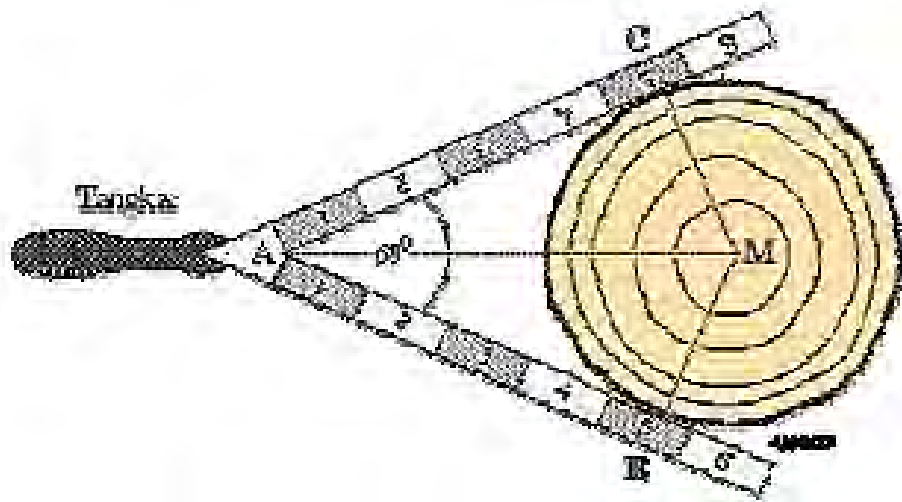
$$P_j = \left(\frac{d_2}{\sqrt{{d_2}^2 - 4y^2}} - 1\right) x\ 100\%$$

3) Garpu pohon

a) Bentuk fisik garpu pohon

Bentuk fisik garpu pohon berupa mistar yang bercagak dan mempunyai skala (satuan ukur). Skala garpu pohon pada awalnya berupa selang diameter, kini telah diubah ke dalam satuan ukur. Satuan ukur yang digunakan adalah cm dengan satuan ukur terkecil dalam mm.

b) Dasar Kerja

Perhatikan Gambar 38 di bawah ini.

Gambar 38. Cara penggunaan garpu pohon
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Cara penggunaan garpu pohon adalah :

(1) Apitkan kedua lengan pada batang dan cari/tentukan bagian lingkar batang yang terkecil (d_1); sebagai pengukuran diameter yang pertama.
(2) Upayakan kedua lengan sama tinggi dari permukaan tanah (setinggi dada = 130 cm).
(3) Pengukuran diameter yang kedua (d_2), tegak lurus pengukuran diameter yang pertama atau diameter terpanjang.
(4) Diameter batang pohon adalah rataan keduanya, yaitu d $= \frac{1}{2}\ x\ (d_1 - \ d_2)$.

Mari simak contoh soal berikut sebagai wahana pemahaman lebih lanjut!

Hasil pembacaan kaliper pada saat melakukan pengukuran 10 diameter batang pohon *Eucalyptus spp.* seperti ditunjukkan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Diameter setinggi dada 10 pohon *Eucalyptus spp.*

No. Pohon	$Diameter_1$ (cm)	$Diameter_2$ (cm)
1	20,6	21,2
2	27,8	28,3
3	33,9	35,0
4	41,8	41,9
5	48,4	49,0

No. Pohon	$Diameter_1$ (cm)	$Diameter_2$ (cm)
6	55,7	56,3
7	62,1	63,0
8	71,7	70,2
9	76,8	77,6
10	83,6	84,1

Jawab!

Pohon 1. $d = \frac{1}{2} \ x \ (21{,}2 + 20{,}6)$

$d = \frac{1}{2} \ x \ (41{,}8)$

d = 20,9 cm

Pohon 2. $d = \frac{1}{2} \ x \ (28{,}3 + 27{,}8)$

$d = \frac{1}{2} \ x \ (46{,}1)$

d = 23,05 cm

Pohon 3. $d = \frac{1}{2} \ x \ (35{,}0 + 33{,}9)$

$d = \frac{1}{2} \ x \ (68{,}9)$

d = 34,45 cm

Pohon 4. $d = \frac{1}{2} \ x \ (41{,}9 + 41{,}8)$

$d = \frac{1}{2} \ x \ (83{,}7)$

d = 41,85 cm

Pohon 5. $d = \frac{1}{2} \ x \ (49{,}0 + 48{,}4)$

$d = \frac{1}{2} \ x \ (97{,}4)$

d = 48,70 cm

Pohon 6. $d = \frac{1}{2} \ x \ (56{,}3 + 55{,}7)$

$d = \frac{1}{2} \ x \ (112)$

d = 56,0 cm

Pohon 7. $d = \frac{1}{2}\,x\,(63{,}0 + 62{,}1)$

$d = \frac{1}{2}\,x\,(125{,}1)$

$d = 62{,}55$ cm

Pohon 8. $d = \frac{1}{2}\,x\,(70{,}2 + 71{,}7)$

$d = \frac{1}{2}\,x\,(141{,}9)$

$d = 70{,}95$ cm

Pohon 9. $d = \frac{1}{2}\,x\,(77{,}6 + 76{,}8)$

$d = \frac{1}{2}\,x\,(154{,}4)$

$d = 77{,}20$ cm

Pohon 10. $d = \frac{1}{2}\,x\,(84{,}1 + 83{,}6)$

$d = \frac{1}{2}$ x $(167{,}7)$

$d = 83{,}85$ cm

c) Kesalahan ukur keliling batang pohon

Kesalahan ukur keliling batang pohon pada saat menggunakan garpu pohon adalah (Gambar 39) :

Gambar 39. Kesalahan ukur dengan garpu pohon

Sumber : Asy;ari (2012)

AC = kedudukan lengan yang benar, sedangkan

AC_1 = kedudukan lengan yang salah

Besar kesalahan yang terjadi sebesar :

$E_d = AC_1 - AC$

Perhatikan!

t CBC_1 diperoleh cos β = $\frac{BC}{BC_1}$

t ABC diperoleh sin $\frac{1}{2}$ a = $\frac{BC}{AC}$

$$BC = AC \times \sin \frac{1}{2} a$$

t ABC_1 diperoleh sin $\frac{1}{2}$ a = $\frac{BC_1}{AC_1}$

$$BC_1 = AC_1 \times \sin \frac{1}{2} a$$

Sehingga diperoleh,

$$\cos \beta = \frac{AC}{AC_1} \text{ atau } AC = AC_1 \times \cos \beta$$

Kesalahan ukurnya menjadi :

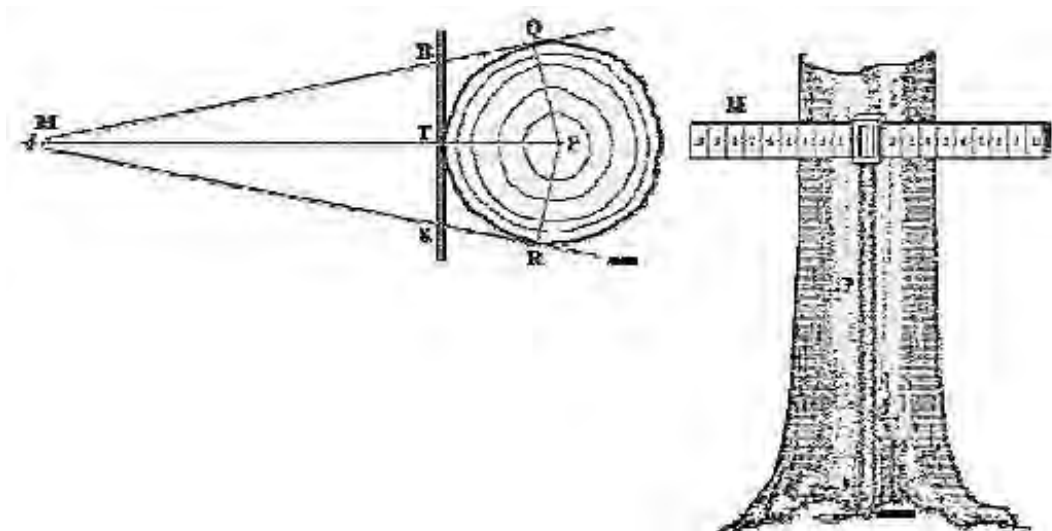
$$E_d = AC_1 - AC$$

4) Mistar Biltmore

a) Bentuk fisik mistar biltmore

Bentuk fisik mistar biltmore berupa mistar yang diberi tongkat penyangga setinggi dada (1,30 m) dan mempunyai skala (satuan ukur). Skala mistar biltmore pada awalnya berupa selang diameter, kini telah diubah ke dalam satuan ukur. Satuan ukur yang digunakan adalah cm dengan satuan ukur terkecil dalam mm.

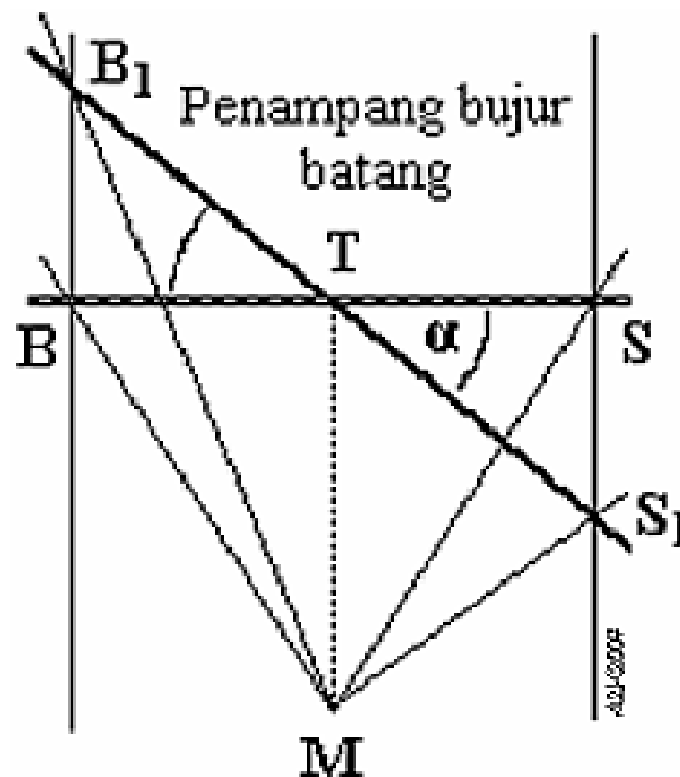
b) Dasar Kerja

Perhatikan Gambar 40 di bawah ini.

Gambar 40Cara penggunaan mistar biltmore
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Cara penggunaan garpu pohon adalah :

(1) Impitkan mistar pada batang.
(2) Geser ke kiri-kanan hingga MBQ merupakan garis lurus.
(3) Skala yang terbaca pada S merupakan diameter batang.

c) Kesalahan ukur keliling batang pohon

Kesalahan ukur keliling batang pohon pada saat menggunakan garpu pohon adalah (Gambar 41) :

Gambar 41. Kesalahan ukur dengan mistar biltmore
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Kesalahan yang terjadi bila kedudukan mistar miring (tidak sejajar dengan bidang datar). Akibatnya menyebabkan kesalahan sebesar :

$E_d = B_1S_1 - BS$

dengan,

BS	=	kedudukan alat benar
B_1S_1	=	kedudukan alat salah
a	=	sudut kemiringan alat

Kesalahan sudut diperoleh dari :

$$\cos \alpha = \frac{TB}{TB_1}$$

$$TB = TB_1 \text{ x } \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{TS}{TS_1}$$

$$TS = TS_1 \text{ x } \cos \alpha$$

sehingga,

$$BS = TB + TS$$

$$BS = (TB_1 \text{ x } \cos \alpha) + (TS_1 \text{ x } \cos \alpha)$$

$$BS = (TB_1 + TS_1) \text{ x } \cos \alpha$$

maka,

$$E_d = B_1S_1 - BS$$

$$E_d = B_1S_1 - (TB_1 + TS_1) \text{ x } \cos \alpha$$

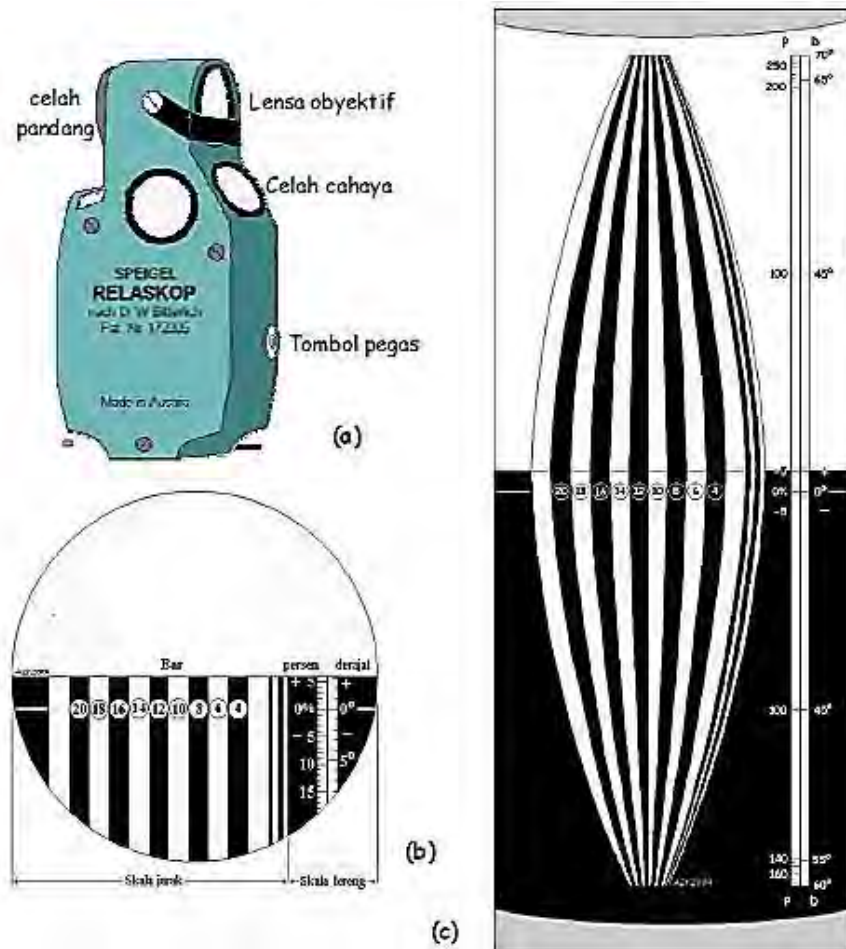
$$E_d = B_1S_1 - B_1S_1 \text{ x } \cos \alpha$$

$$E_d = B_1S_1 \text{ x } (1 - \cos \alpha)$$

5) Spiegel Relaskop

a) Bentuk fisik spiegel relaskop

Bentuk fisik spiegel relaskop berupa alat yang terdiri dari lensa obyektif yang digunakan untuk melihat obyek yang sedang diukur. Di tubuh alat ini terdapat celah pandang, celah cahaya, dan tombol pegas. Apabila melihat ke dalam spiegel relaskop melalui celah-

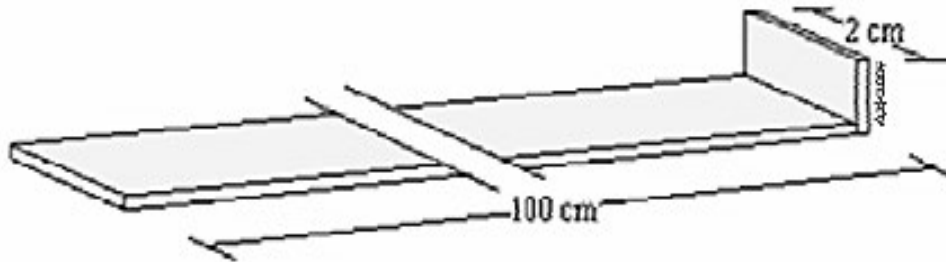
pandang (Gambar 42) akan tampak skala diameter (pita-pita bar) dan skala sudut (di sebelah kanan).

Gambar 42. Spiegel Relaskop
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Rentangan dan kesamaan nilai pada skala sudut Spiegel adalah :

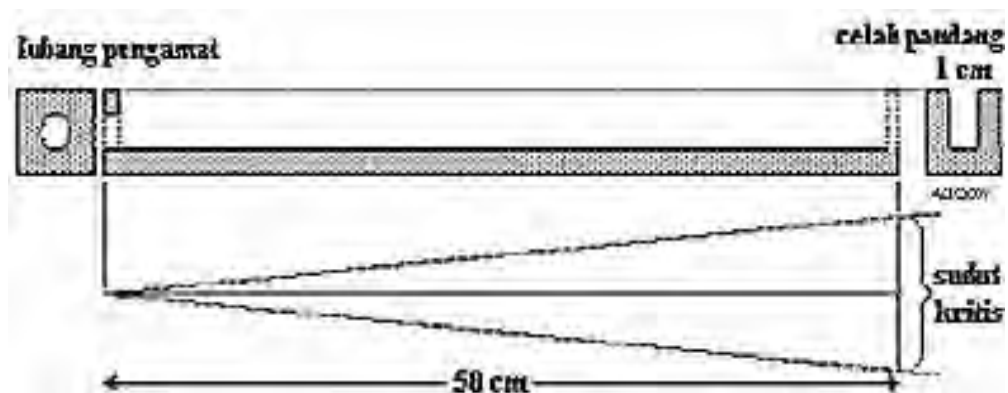
Rentangan nilai sudut :

(1) skala derajat dari -60^0 s/d $+70^0$
(2) skala persen dari –175% s/d +275%
(3) Kesamaan nilai sudut 45^0 = 100%.

b) Dasar Kerja

Dasar kerja Spiegel relaskop mengacu pada dasar kerja tongkat Bitterlich dengan memanfaatkan sudut pandang (angle gauge) dalam menduga luas bidang dasar tegakan dari suatu titik pada kegiatan inventarisasi hutan (Gambar 43).

Gambar 43. Tongkat Bitterlich
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Bentuk awal tongkat tersebut sangat sederhana yaitu berupa tongkat (kayu) sepanjang 100 cm dan pada bagian ujung ditempelkan plat logam (benda logam) selebar 2 cm.

Seiring semakin seringnya pengukuran diameter dilakukan, maka tongkat sepanjang 100 cm dianggap tidak begitu praktis pemakaiannya di lapangan, maka dapat dimodifikasi dengan merubah ukurannya dengan perbandingan yang sama yaitu panjang tongkat diperpendek menjadi 50 cm dan lebar plat menjadi 1 cm (Gambar 44).

Gambar 44. Tongkat Bitterlich dengan nilai K = $\frac{1}{50}$.

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Tongkat tersebut dapat dibuat sendiri dengan kayu reng sepanjang 50 cm, bagian ujung lekatkan logam pipih berbentuk huruf U dengan lebar 1 cm dan pada bagian pangkal lekatkan logam pipih berlubang dengan diameter 1 cm.

Adapun cara penggunaan spiegel relaskop adalah :

(1) Arahkan garis pertengahan celah pandang (garis batas antara latar-belakang hitam dan putih) setinggi mata pembidik dan baca nilai besaran sudut φ (∠φ dalam persen sudut atau sudut-derajat). Karena disini kondisi lapangan dikatagorikan (dianggap) datar, maka nilai besaran sudut boleh saja tidak direkam. Atau langkah ini dapat diabaikan.

(2) Arahkan garis pertengahan celah-pandang setinggi dada ke batang pohon dan

   (a) perhatikan banyaknya 1 bar penuh (nF).

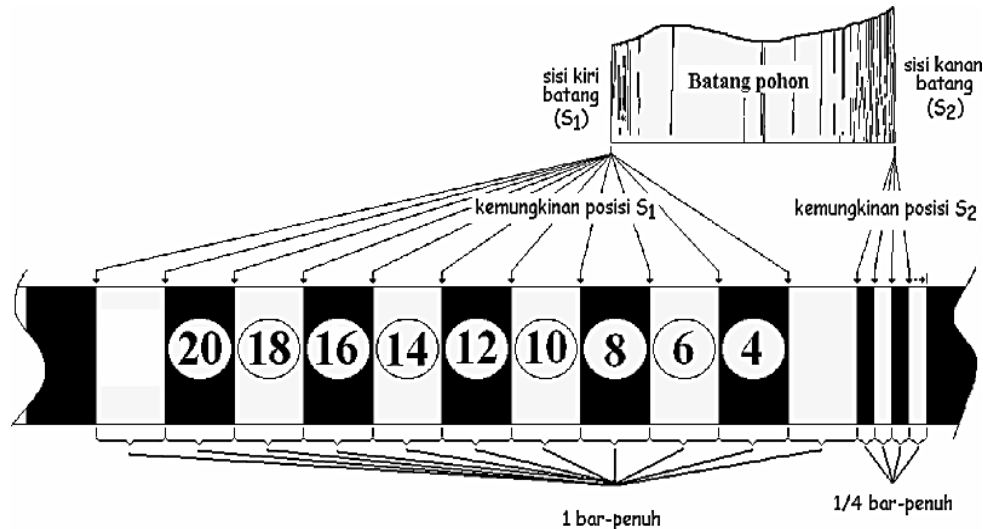
   (b) banyaknya $\frac{1}{4}$ bar-penuh (nQ) (bisa penuh atau tak penuh untuk satu $\frac{1}{4}$ bar-penuh).

   (Posisikan sisi batang sebelah kiri berimpit dengan batas antara dua bar-penuh (putih-hitam atau hitam-putih)

sekaligus sisi batang sebelah kanan tidak melampaui batas $\frac{1}{4}$ bar paling kanan, tapi berada pada salah satu pita $\frac{1}{4}$ bar-penuh atau pada garis batasnya. Kemungkinan posisi/kedudukan sisi kiri batang dan sisi kanan batang diilustrasikan dalam Gambar 45.

(c) Posisi sisi kiri batang (S_1) paling jauh di batas bar putih 22 (22 tidak ditulis) paling kiri dan bergeser ke kanan hingga di batas bar hitam-putih yaitu 4 2 (2 tidak ditulis).

(d) Posisi sisi kanan batang (S_2) paling jauh di batas bar putih 2 dan $\frac{1}{4}$ bar hitam.

Kemudian bergeser ke kanan hingga mendekati batas akhir $\frac{1}{4}$ bar (bar putih).

Gambar 45. Kemungkinan posisi sisi batang pada pita bar
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

(3) Ukur jarak lapangan (m). Jarak lapangan (Jm) sama dengan jarak datar (Jd) jika sudut δ (sudut bidik setinggi mata) lebih kecil atau sama dengan ± 10%.

(4) Hitung diameternya

(a) Apabila pembacaannya dengan sudut-persen (%lereng = % p)

%p lebih kecil atau sama dengan ±10% (%p ~ ±10%)

$$d = \frac{\{(nF\ x\ 4) + nQ\}}{2}\ x\ Jd$$

%p lebih besar dari ±10% (%p > ±10%)

$$d = \frac{\{(nF\ x\ 4)+nQ\}}{2}\ x\ Jd\ x \cos(0{,}45\ x\ p)$$

(b) Apabila pembacaannya dengan sudut-derajat (δ)

δ lebihkecil atau samadengan ±5°45’ (δ ~ ±5°45’)

δ lebihbesar dari ±5°45’ (δ > ±5°45’).

Catatan :

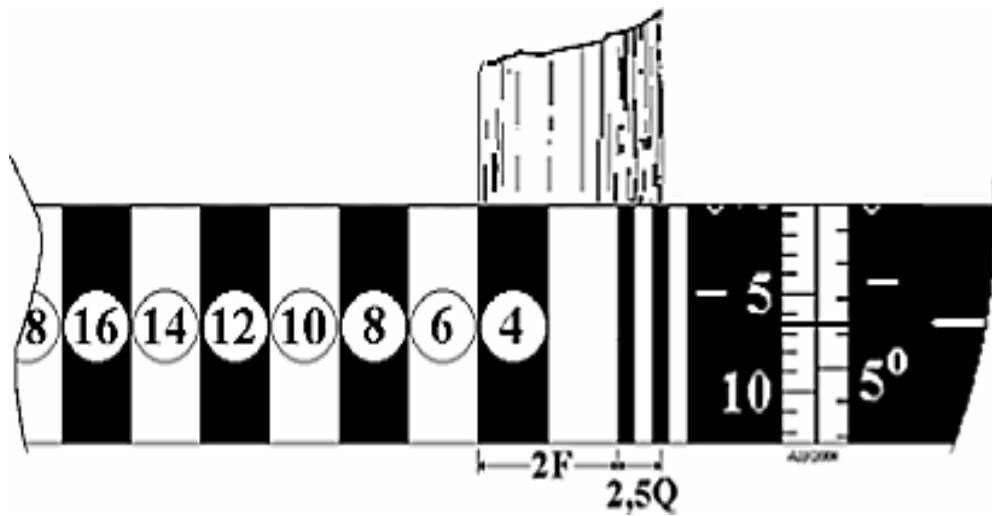
Karena goyangan piringan skala cukup peka, maka saat pembidikan gunakan 2 tangan atau gunakan statif (tripod). Statif dapat diganti dengan tongkat (kayu) yang telah diukur sebelumnya dengan panjang setinggi dada.

Sebagai pengayaan materi untuk memantapkan pemahaman, mari simak contoh yang diberikan di bawah ini!

(1) Pembacaan $\frac{1}{4}$ bar penuh

Hasil pembacaannya adalah 1F dan 3Q ($\frac{1}{4}$ bar penuh) dengan jarak bidik (relatif datar) sejauh 12 m. Tentukan diameternya!

Penyelesaiaannya!

Ilustrasi dalam celah pandang seperti Gambar 46.

Gambar 46. Pembacaan spiegel relaskop $\frac{1}{4}$ bar penuh
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

$$d = \frac{\{(1 \; x \; 4) + \; 3\}}{2} \; x \; 12$$

$$d = \frac{\{4+3\}}{2} \; x \; 12$$

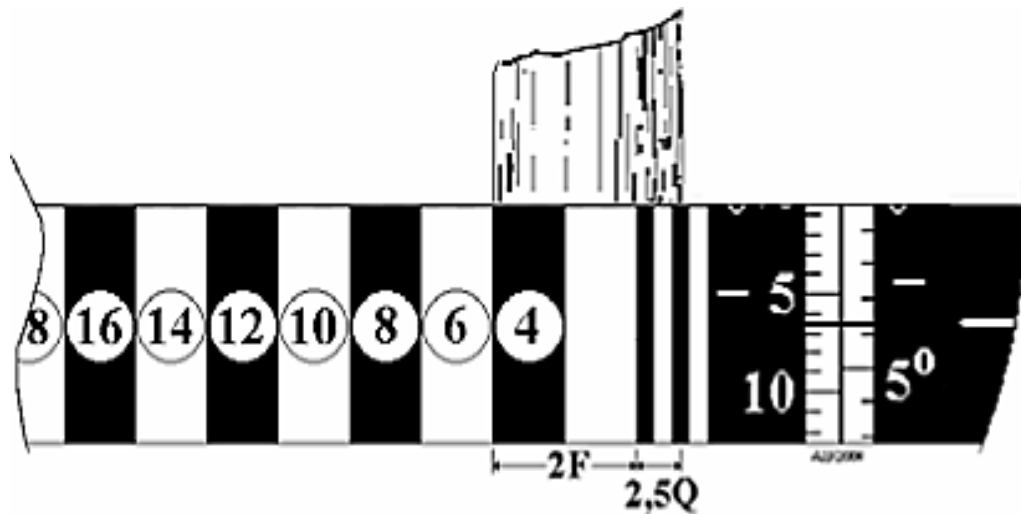
$$d = \frac{7}{2} \; x \; 12$$

$$d = 42{,}0 \; cm$$

(2) Pembacaan $\frac{1}{4}$ bar tak penuh

Hasil pembacaannya adalah 2F dan 2,5Q ($\frac{1}{4}$ bar tak penuh) dengan jarak bidik (Jd) sejauh 10 m. Tentukan diameternya!

Penyelesaiaannya!

Ilustrasi dalam celah pandang seperti Gambar 47.

Gambar 47. Pembacaan spiegel relaskop $\frac{1}{4}$ bar tak penuh
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

$$d = \frac{\{(2 \times 4) + 2{,}5\}}{2} x\ 10$$

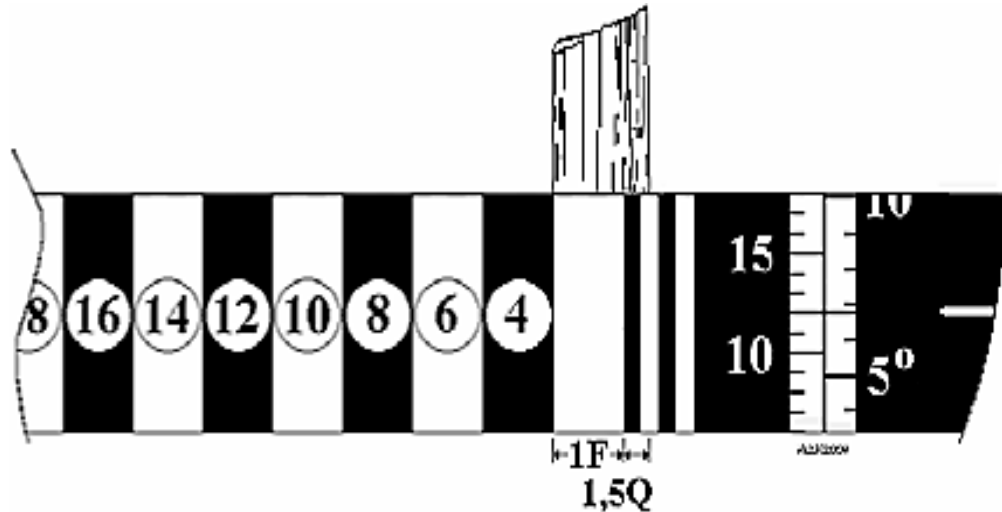
$$d = \frac{\{8+2{,}5\}}{2} x\ 10$$

$$d = \frac{10{,}5}{2} x\ 10$$

$$d = 52{,}5\ cm$$

Hasil pembacaannya bar penuh 1F dan $\frac{1}{4}$ bar 1,5Q dengan jarak bidik sejauh 20 m. Kelerengan terbaca sebesar 12%. Tentukan diameternya!

Penyelesaiaannya!

Ilustrasi dalam celah pandang seperti Gambar 48.

Gambar 48. Pembacaan spiegel relaskop $\frac{1}{4}$ bar tak penuh

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

$$d = \frac{\{(1 \: x \: 4) + 1,5\}}{2} \: x \: 20 \: x \cos (0,45 \: x \: 12)$$

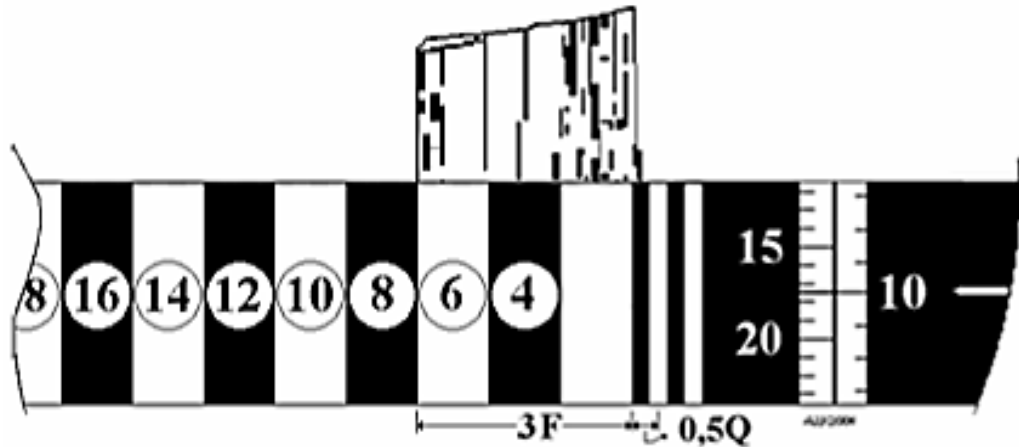
$$d = \frac{\{4+1,5\}}{2} \: x \: 20 \: x \cos (0,45 \: x \: 12)$$

$$d = \frac{5,5}{2} \: x \: 20 \: x \cos (5,4)$$

$$d = 54,8 \: cm$$

Hasil pembacaannya bar penuh 3F dan $\frac{1}{4}$ bar 0,5Q dengan jarak bidik sejauh 12 m. Kelerengan terbaca sebesar -10^{o}. Tentukan diameternya!

Penyelesaiaannya!

Ilustrasi dalam celah pandang seperti Gambar 49.

Gambar 49. Pembacaan spiegel relaskop $\frac{1}{4}$ bar tak penuh
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

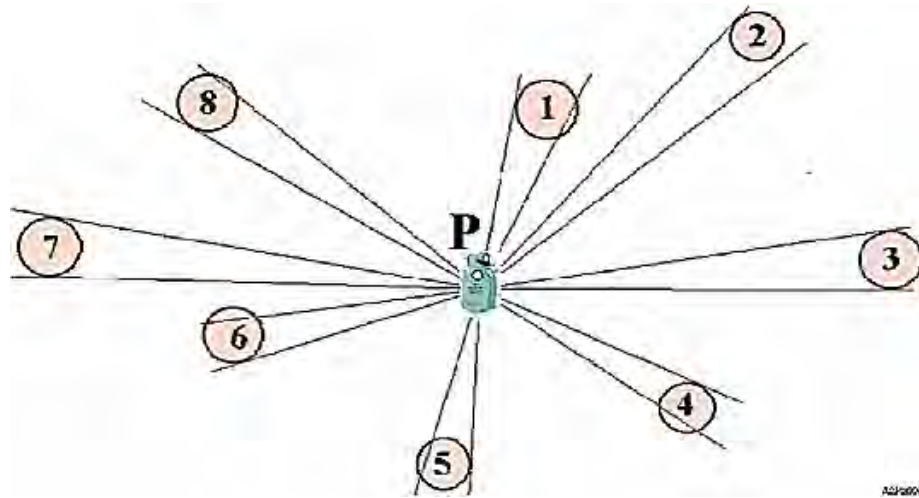
$$d = \frac{\{(3 \, x \, 4) + 0{,}5\}}{2} \, x \, 12 \, x \cos(-10)$$

$$d = \frac{\{12+0{,}5\}}{2} \, x \, 12 \, x \cos(-10)$$

$$d = \frac{12{,}5}{2} \, x \, 12 \, x \cos(-10)$$

$$d = 73{,}9 \, cm$$

Penggunaan Spiegel pada kegiatan inventarisasi hutan

Perhatian utama sebelum menentukan ukuran dimensi pohon adalah apakah pohon yang dibidik termasuk pohon contoh, pohon batas atau bukan termasuk pohon contoh. Pohon batas adalah juga pohon contoh yang letaknya pada batas lingkaran maya. Penampakan pohon dalam lingkaran maya diilustrasikan dalam Gambar 50.

Gambar 50. Penampakan pohon dalam lingkaran maya
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

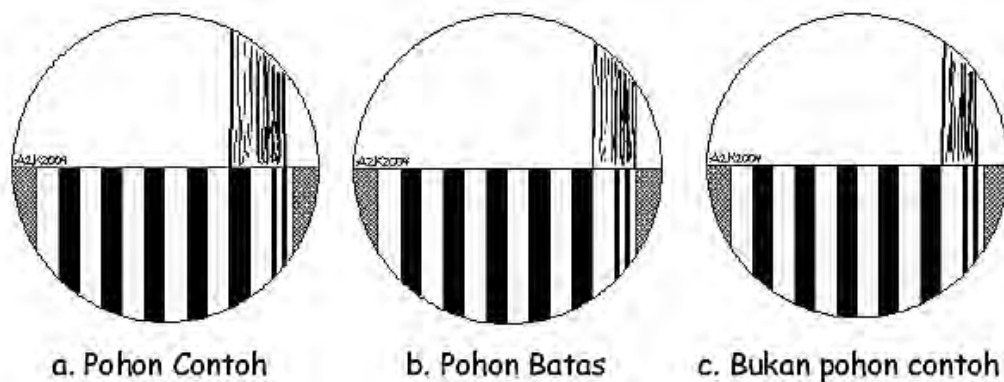
Keterangan :

Pohon contoh = 1, 4, 5, 6 dan 8

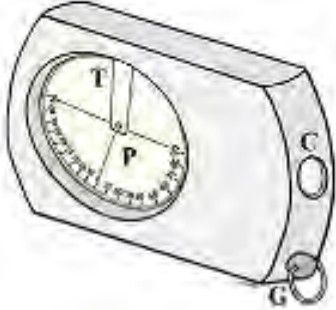
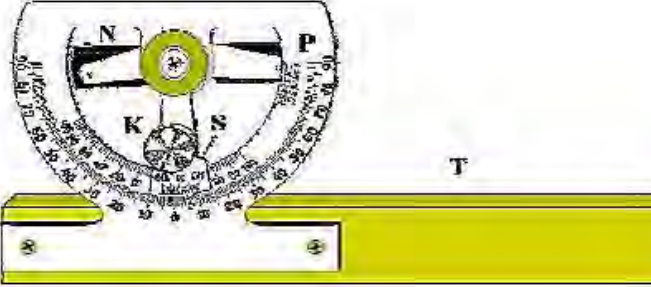
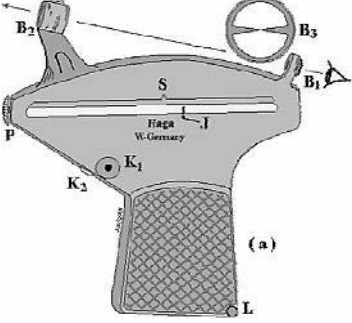
Pohon batas = 3 dan 7

Bukan pohon contoh = 2

Sedangkan dalam celah pandang tampak sebagai pohon contoh, pohon batas dan bukan pohon contoh seperti yang tersaji dalam Gambar 51.

a. Pohon Contoh b. Pohon Batas c. Bukan pohon contoh

Gambar 51. Penampakan pohon dalam celah pandang
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari dua penampakan pohon yang diilustrasikan pada Gambar 50 dan 51 bahwa dinyatakan sebagai :

(1) Pohon batas, jika ukuran diameter batang tepat dalam 2 bar.
(2) Pohon contoh, jika ukuran diameter batang melebihi 2 bar.
(3) Bukan pohon batas, jika ukuran diameter batang kurang dari 2 bar.

Ketentuan di atas didasarkan pada BAF4 yang mengacu pada perbandingan tongkat Bitterlich K = 1/50.

h. Alat ukur tinggi pohon

Setelah mempelajari alat ukur diameter tentunya dibutuhkan materi lain untuk menunjang kompetensi pengukuran pohon berdiri. Materi selanjutnya yang akan dibahas adalah alat ukur tinggi pohon. Di bawah ini terdapat beberapa alat ukur tinggi pohon yang umum digunakan di lapangan, yaitu :

Tabel 11. Gambar alat ukur tinggi pohon yang umum digunakan

No.	Nama Alat Ukur	Gambar
1.	Tongkat ukur	

No.	Nama Alat Ukur	Gambar
2.	Christenmeter (Christenmeter hypsometer)	
3.	Clinometer	
4.	Abney level	
5.	Hagameter	

No.	Nama Alat Ukur	Gambar
6.	Spiegel relaskop	

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Setelah mengetahui macam dan bentuk alat ukur tinggi pohon berdiri, selanjutnya pertanyaan yang harus dapat dijawab dari alat ukur tinggi pohon adalah :

1) Bagaimana bentuk fisik sebenarnya alat ukur tinggi pohon tersebut?
2) Bagaimana dasar kerja kelima alat ukur tinggi pohon tersebut?

Untuk dapat menjawab dua pertanyaan tersebut, mari simak uraian di bawah ini!

1) Tongkat ukur
    a) Bentuk fisik tongkat ukur

    Bentuk fisik berupa tongkat dengan bagian ujung agak meruncing (B). Panjang tongkat keseluruhan 90 cm (RS). Dari bagian pangkal (S) dibuat takik sepanjang 9 cm (C). Sehingga diperoleh perbandingan SC : SR = 9 : 90 = 1 : 10 (Gambar 52).

Gambar 52. Bentuk fisik tongkat ukur
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

b) Dasar Kerja

Perbandingan garis antara segitiga yang sebangun diperoleh :

Δ MCS ≈ Δ MC_1S_1 dan Δ MRC ≈ Δ MR_1C_1

SC ≈ SR = S_1C_1 ≈ S_1R_1 = 9 : 90 = 1 : 10

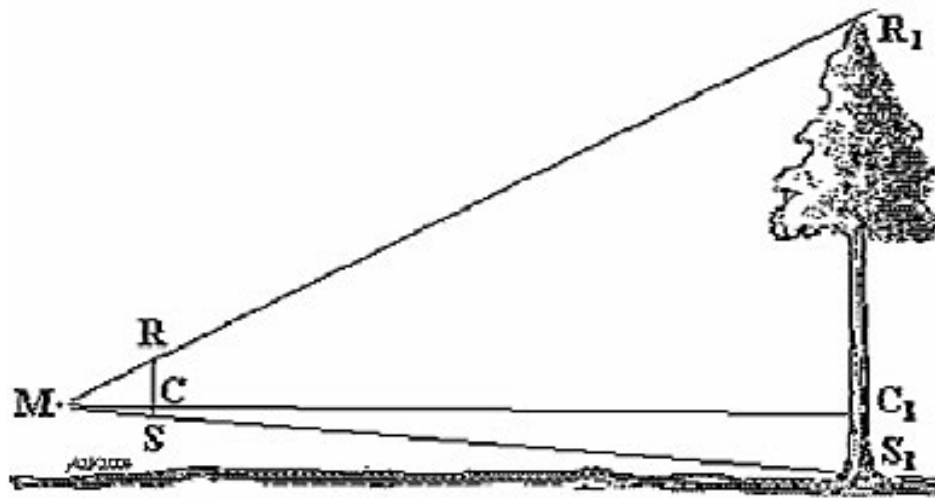
S_1R_1 = 10 x S_1C_1

Untuk pohon-pohon yang cukup tinggi perbandingan tersebut dapat diperkecil, misalnya S_1C_1 ≈ S_1R_1 = 1 : 20.

Cara penggunaan tongkat ukur (Gambar 53), yakni :

(1) Arahkan secara bersamaan ujung tongkat R ke batang bagian atas (R_1 = ujung batang/tajuk atau tinggi tertentu) dan pangkal tongkat S ke pangkal batang (S_1).

(2) Perhatikan tanda takik C yang berimpit pada batang (C_1). Ukur tinggi C_1 dari permukaan tanah yaitu setinggi S_1C_1.

(3) Tinggi pohon (S_1R_1) diperoleh dari S_1R_1 = 10 x S_1C_1.

Gambar 53. Cara pengukuran tinggi pohon menggunakan tongkat ukur

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Contoh perhitungan :

Setelah tongkat diarahkan ke pohon dimana R berimpit dengan R1 dan S berimpit dengan S_1; S_1C_1 diukur setinggi 1,2 m. Tinggi pohon = 10 x 1,2 m = 12 meter.

2) Christenmeter (Christenmeter hypsometer)

a) Bentuk fisik christenmeter

Bentuk fisik berupa mistar/penggaris dengan panjang ukuran skala 30 cm (CT). Dalam penggunaannya dibantu dengan galah sepanjang 4 meter.

b) Dasar Kerja

Perhatikan Δ MC_1T_1 (Gambar 54) :

(1) TC dan T_1C_1 terlihat sama-sama tegak pada bidang datar.

(2) Garis pandang MG memotong CT pada titik G_1, maka

$TG_1 : TC = T_1G : T_1C_1$

$TG_1 : 0,3 = 4 : T_1C_1$

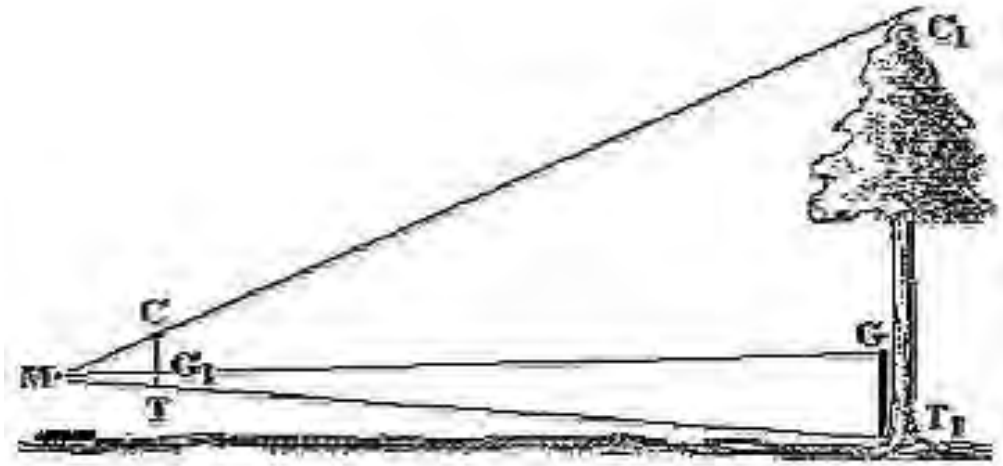
sehingga $TG_1 = \frac{0,3 \times 4}{T_1C_1}$

dengan,

TC = panjang skala alat 30 cm.

T_1G = panjang galah 4 meter

TG_1 = skala tinggi pada alat yang dibuat berdasarkan simulasi tinggi pohon yang diinginkan (T_1C_1).

Atas dasar persamaan tersebut, angka terbaca pada alat langsung menunjukkan tinggi pohon yang diukur.

Gambar 54. Cara pengukuran tinggi pohon menggunakan christenmeter
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Cara menentukan skala tinggi pada Christenmeter sebagai berikut :

Perhatikan Gambar 54.

Δ MTC sebangun Δ MT_1C_1

berarti,

$TC : T_1C_1 = MT : MT_1$

dan

Δ MTG1 sebangun Δ MT1G

berarti,

$TG_1 : T_1G = MT : MT_1$

berarti juga,

$TC : T_1C_1 = TG_1 : T_1G$

sehingga,

$$TG_1 = \frac{TC \ x \ T_1G}{T_1C_1}$$

$$TG_1 = \frac{30 \ x \ 400}{T_1C_1}$$

$$TG_1 = \frac{12000}{T_1C_1}$$

dengan,

TG_1 = skala tinggi pohon pada alat atau penggaris (cm).

T_1C_1 = simulasi tinggi pohon (m).

Untuk memantapkan pemahaman, mari simak cara perhitungan simulasinya!

(1) untuk tinggi 5 meter,

maka $TG_1 = \frac{12000}{T_1C_1}$

$$TG_1 = \frac{12000 \ cm^2}{500 \ cm}$$

$$TG_1 = 24 \ cm$$

(2) untuk tinggi 9 meter,

maka $TG_1 = \frac{12000}{T_1C_1}$

$TG_1 = \frac{12000\ cm^2}{900\ cm}$

$TG_1 = 13{,}3\ cm$

(3) untuk tinggi 13 meter, maka TG_1 = (12000)/1300 = 9,2 cm

maka $TG_1 = \frac{12000}{T_1C_1}$

$TG_1 = \frac{12000\ cm^2}{1300\ cm}$

$TG_1 = 9{,}2\ cm$

Berikut disajikan contoh hasil semulasi tinggi (T_1C_1). Tinggi pohon yang disimulasi (T_1C_1) dari 5, 6, ..., 40. Selanjutnya akan ditentukan skala tinggi (cm) pada penggaris. Hasil simulasinya seperti dalam Tabel 12.

Tabel 12. Hasil simulasi pengukuran tinggi menggunakan christenmeter

No.	T_1C_1 (cm)	TG_1 (cm)	No.	T_1C_1 (cm)	TG_1 (cm)
1.	5	24	11.	15	8
2.	6	12	12.	16	7,5
3.	7	17,1	13.	17	7,1
4.	8	15	14.	18	6,7
5.	9	13,3	15.	19	6,3
6.	10	12	16.	20	6
7.	11	10,9	17.	25	4,8
8.	12	10	18.	30	4
9.	13	9,2	19.	35	3,4
10.	14	8,6	20.	40	3

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Catatan!

Nilai T_1C_1 dapat dirinci lagi. Misalnya untuk tinggi 5 meter, dirinci menjadi 5,1 m; 5,2 m, dst.

Cara penggunaan christenmeter.

(1) Impitkan galah 4 meter (T_1G) pada batang pohon.

(2) Arahkan secara bersamaan bagian ujung alat (C) ke ujung batang atau batas bebas cabang (C_1) dan bagian pangkal alat (T) ke arah pangkal batang pohon (T_1).

(3) Saat keduanya berimpit, baca skala tinggi di penggaris.

(4) Nilai skala tersebut langsung menunjukkan tinggi pohon dalam satuan meter .

Jadi jika terbaca skala G_1 (= TG_1) adalah :

(1) 5,0 ; berarti T_1C_1 (tinggi pohon) = 5,0 m.

(2) 9,0 ; berarti T_1C_1 = 9,0 m.

(3) 13,0 ; berarti T_1C_1 = 13,0 m.

Sejalan dengan rumus di atas akan dapat membuat duplikasi skala christenmeter pada penggaris (Gambar 55), tetapi dalam pembuatannya memerlukan ketelitian yang cukup tinggi, disamping penggaris itu sendiri memiliki skala standar. Belum lagi menambahkan strip skala tinggi yang berbaur dengan skala penggaris itu sendiri.

Oleh karena itu untuk memperkecil bias (error) lebih baik peserta didik menggunakan penggaris apa adanya (Gambar 55) tanpa ada penambahan strip skala tinggi (tidak membuat duplikasinya).

Rentangan nilai skala pada penggaris yang digunakan antara (>0 – 24 cm) dan ini identik-terbalik dengan (5 – <1200 m). Rentangan idealnya (1,2 – 24 cm) identikterbalik dengan (5 – 100 m).

Caranya melalui persamaan di atas, yaitu :

$$TG_1 = \frac{TC \ x \ T_1G}{T_1C_1}$$

diubah menjadi,

$$T_1C_1 = \frac{TC \ x \ T_1G}{T_1G_1}$$

$$T_1C_1 = \frac{0,3 \ x \ 4}{TG_1}$$

Gambar 55. Penggaris
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Contoh perhitungan.

Jika terbaca skala pada penggaris G_1 (= TG_1) adalah :

(1) 24 cm berarti T_1C_1 (tinggi pohon) = $\frac{0,3 \ x \ 4 \ m^2}{0,24 \ m} = 5 \ m$.

(2) 13,3 cm berarti T_1C_1 = $\frac{0,3 \ x \ 4 \ m^2}{0,133 \ m} \sim 9,0 \ m$.

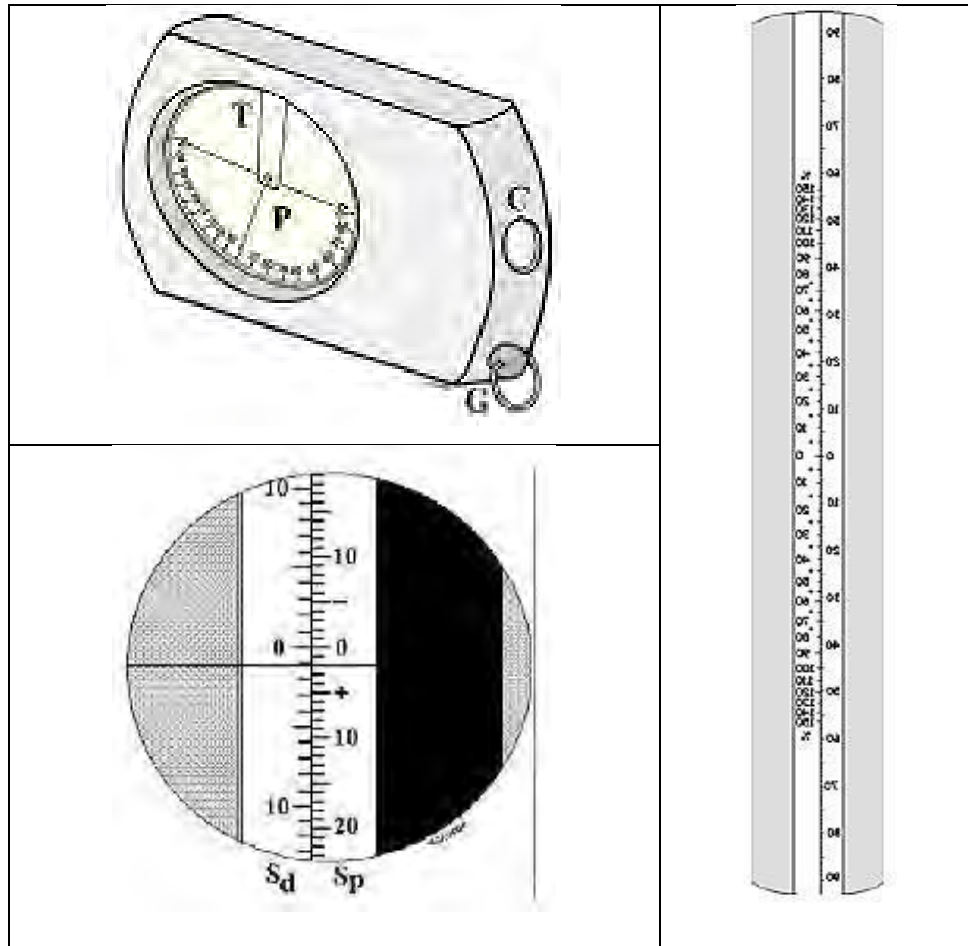
(3) 9,2 cm berarti T_1C_1 = $\frac{0,3 \ x \ 4 \ m^2}{0,092 \ m} \sim 13,0 \ m$.

Perlu diingat!

Penggunaan penggaris secara langsung (tanpa duplikasi) jauh lebih praktis dibandingkan jika menggunakan duplikasinya. Disamping itu akurasi nilai skalanya masih terjaga.

3) Clinometer

a) Bentuk fisik clinometer

Bentuk fisik Clinometer seperti gambar di bawah dengan celah pandang (C). G cincin pengantung tali, P piringan berskala dan T tungkai pemegang piringan P. Clinometer sebenarnya alat untuk mengukur kelerengan, namun dapat pula digunakan untuk mengukur tinggi pohon. Hasil pembacaan sudut berupa sudut (sudut bidik) dengan skala derajat (S_d) dan persen (S_p) yang dihitung dari bidang datar (Gambar 56). Rentangan besaran nilai skala sudut untuk skala derajat dari -90^o s.d. $+90^o$, sedangkan untuk skala persen dari -150% s.d. $+150\%$. Kesamaan nilai skala sudut pada rentangan $0^o \sim 45^o = 0\% \sim 100\%$.

Gambar 56. Bentuk fisik clinometer

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

b) Dasar Kerja

Dasar kerja alat berdasarkan **Rumus Dasar Tinggi**, sehingga rumus tinggi pohon (T), yaitu :

$$T = Jd \times (tg\ \alpha - tg\ \beta)$$

$$T = Jd \times \left(\frac{\%MC - \%MA}{100} \right)$$

Cara penggunaan.

(1) Bidik ke bagian atas batang (ujung batang/tajuk, bebas cabang atau pada tinggi hingga diameter tertentu = C) dan baca skala sudut α (derajat) atau %sudut (sudut dalam persen).
(2) Arahkan ke pangkal batang (A) dan baca besaran sudut β (derajat) atau %sudut.
(3) Ukur jarak (lapangan) antara pengukur/pembidik terhadap pohon yang dibidik (Jm).
(4) Tinggi pohon, $T = AC = (t_1 + t_2)$.

Contoh perhitungan :

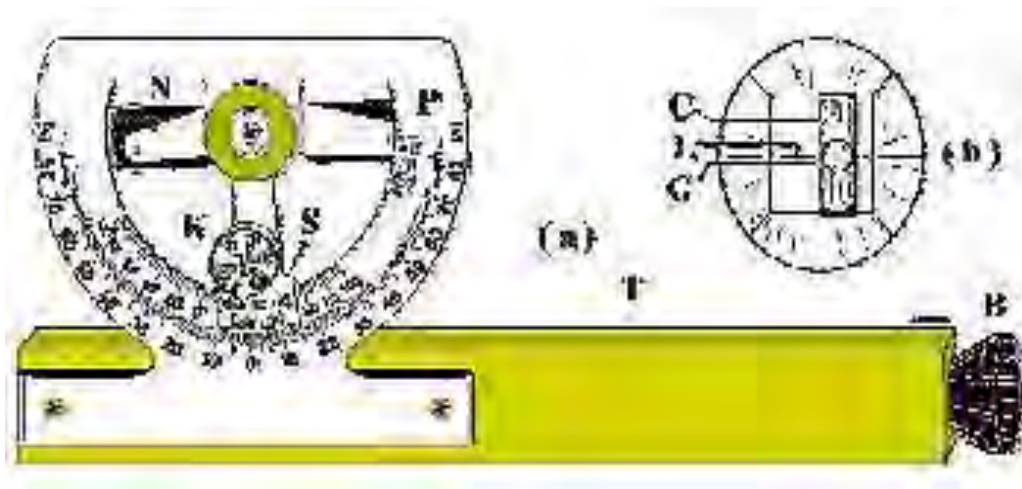
(1) Pembidikan sejauh 12 meter dengan sudut bidik $\alpha = 47^o$ dan $\beta = -1^o30'$.

$$T = Jd \times (tg\ \alpha - tg\ \beta)$$
$$T = 12 \times \{tg\ 47^o - tg\ (-1^o30')\}$$
$$T = 13{,}2\ m$$

(2) Pembidikan sejauh 15 meter dengan sudut bidik %atas = 85% dan %bawah = -11%.

$$T = Jd \times \left(\frac{\%MC - \%MA}{100} \right)$$

$$T = 15 \times \left(\frac{85 - (-11)}{100} \right)$$
$$T = 14{,}4\ m$$

4) Abney level
   a) Bentuk fisik abney level
      Bentuk fisik seperti Gambar 57.

Gambar 57. **Bentuk fisik abney level**
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Keterangan :

(a) dan (b) adalah celah pandang.

Abney Level sebenarnya alat untuk mengukur kelerengan, namun dapat pula digunakan untuk mengukur tinggi pohon. Hasil pembacaan sudut berupa derajat dan persen yang dihitung dari bidang datar. Rentangan besaran skala sudut bidik untuk :

i. skala derajat dari -90^o s/d $+90^o$.
ii. skala persen dari –100% s/d +100%.

b) Dasar Kerja

Dasar kerja alat berdasarkan **Rumus Dasar Tinggi**, sehingga rumus tinggi pohon (T), yaitu :

$$T = Jd \times (tg\ \alpha - tg\ \beta)$$

$$T = Jd \times \left(\frac{\%MC - \%MA}{100}\right)$$

Cara penggunaan.

(1) Buka kunci K agar penunjuk skala S dapat bergerak bebas.
(2) Bidik bagian atas batang (C) dan ke pangkal pohon (A). Saat sasaran ditemukan; perhatikan apakah gelembung udara apakah masih terletak ditengah-tengah. Jika tidak, maka pembidikan di ulang.
(3) Ukur jarak antara si pengukur dan pohon yang dibidik (Jd).
(4) Tinggi pohon (T = AC) dihitung dengan rumus di atas.

Contoh perhitungan :

(1) Pembidikan sejauh 12 meter dengan sudut bidik $\alpha = 47^o$ dan $\beta = -1^o30'$.

$T = Jd \times (tg\ \alpha - tg\ \beta)$

$T = 12 \times \{tg\ 47^o - tg\ (-1^o30')\}$

$T = 13{,}2$ m

(2) Pembidikan sejauh 15 meter dengan sudut bidik %atas = 85% dan %bawah = -11%.

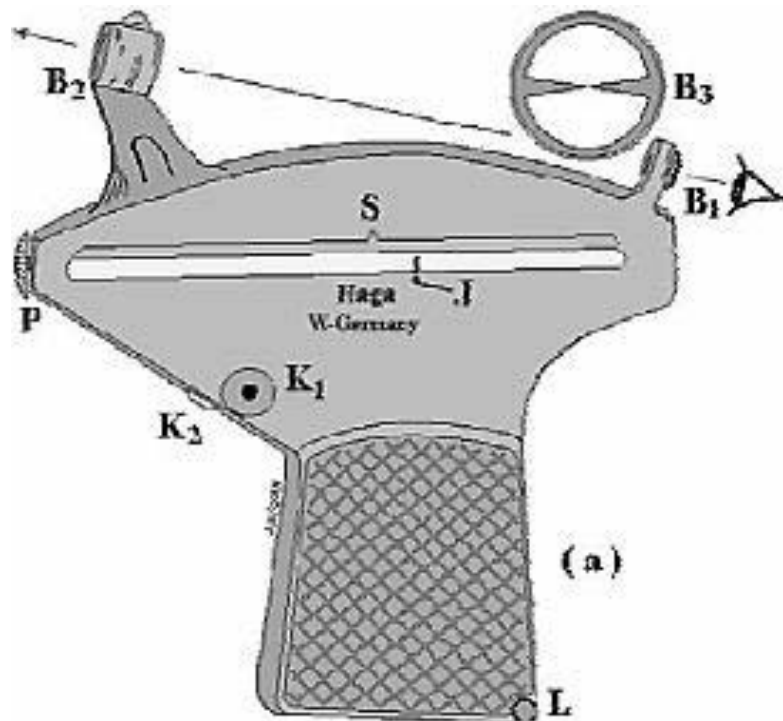
$T = Jd \times \left(\frac{\%MC - \%MA}{100} \right)$

$T = 15 \times \left(\frac{85 - (-11)}{100} \right)$

$T = 14{,}4$ m

5) Hagameter

a) Bentuk fisik hagameter

Bentuk fisik seperti Gambar 58.

Gambar 58. Bentuk fisik hagameter
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Keterangan :

B1 = pembidik dilengkapi dengan prisma.

B2 = pembibik yang dilengkapi pisir.

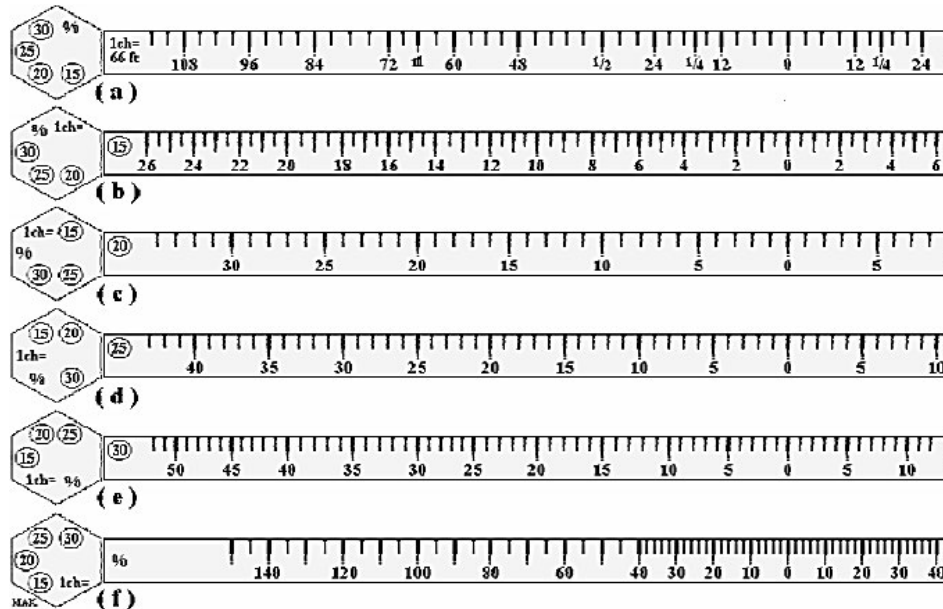
B3 = bagian dalam dari B2 yang terlihat dari B1.

P = pemutar batangan berskala (S) bersegienam.

K = tombol yang membuat jarum J bergerak bebas.

L = lubang tempat gantungan tali.

Pembacaan skala pada hagameter terdapat di bagian batang segienam (Gambar 59). Batang segienam ini menampilkan 6 sisi untuk pembacaan sudut oleh jarum J. Keenam sisi terdiri dari 5 sisi yaitu sisi (a) hingga (e) untuk menyatakan jarak datar yang diukur sebelum melakukan pembidikan (sudut-derajat) terhadap pohon (bagian atas dan pangkal

batang). Sisi (f) dengan persen-sudut dan pengukuran jarak biasanya setelah melakukan pembidikan terhadap pohon.

Gambar 59. Batang segienam berskala
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Kesamaan % sudut terhadap sudut-derajat diasajikan dalam Tabel 13.

Tabel 13. Kesamaan % sudut terhadap sudut-derajat

Skala batang	%	ft	15	20	25	30
Penunjukkan jarum	100	66	15	20	25	30
	±10	±6,6	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

(a) Skala ukuran jarak yang ditunjukkan oleh jarum identik dengan 100%.
(b) Skala sepersepuluh ukuran jarak yang ditunjukkan oleh jarum identik dengan ±10% (nilai batas kondisi lapangan dianggap datar). Tanda ± menunjukkan rentangan -10% 0 +10%.

b) Dasar Kerja

Dasar kerja alat berdasarkan **Rumus Dasar Tinggi**, sehingga rumus tinggi pohon (T), yaitu :

$$T = Jd \times (tg\ \alpha - tg\ \beta)$$

$$T = Jd \times \left(\frac{\%MC - \%MA}{100} \right)$$

Cara penggunaan.

(1) Putar batang segienam berskala hingga tampak sisi skala yang diinginkan (%, ft, 15, 20, 25, 30.

(2) Menentukan sudut lereng

(a) Tekan tombol (buka kunci) K1 agar jarum bergerak bebas, kemudian arahkan Haga ke batang pohon setinggi mata (Tm) pengukur/pembidik hingga berimpit dengan pisir. Untuk memudahkan pembidikan setinggi mata dapat dibantu dengan tongkat yang sebelumnya telah diukur setinggi mata pembidik.

(b) Tongkat tersebut diimpitkan pada batang pohon dan menghadap ke pengukur.

(c) setelah batas setinggi mata atau ujung tongkat berimpit dengan pisir, tekan tombol (tutup kunci) K2 agar jarum tidak bergerak lagi dan baca sudut lereng. Sudut lereng yang

diperoleh akan menunjukkan apakah kondisi lapangan relatif datar atau tidak.

(d) ukur jarak antara pembidik dan pohon (Jm).

(3) Bidik bagian atas batang dan pangkal batang atau sebaliknya.

(a) buka kunci K1, arahkan pisir ke bagian atas batang; setelah berimpit tekan tombol K2. Baca skala C (derajat atau persen).

(b) buka kunci K1, arahkan pisir ke pangkal batang; setelah berimpit tekan tombol K2. Baca skala A (derajat atau persen).

(4) Tinggi pohon (T = AC) dihitung dengan rumus di atas.

Contoh perhitungan :

(a) Pembidikan sejauh 12 meter dengan sudut bidik $\alpha = 47^o$ dan $\beta = -1^o30'$.

$T = Jd \times (tg\ \alpha - tg\ \beta)$

$T = 12 \times \{tg\ 47^o - tg\ (-1^o30')\}$

T = 13,2 m

(b) Pembidikan sejauh 15 meter dengan sudut bidik %atas = 85% dan %bawah = -11%.

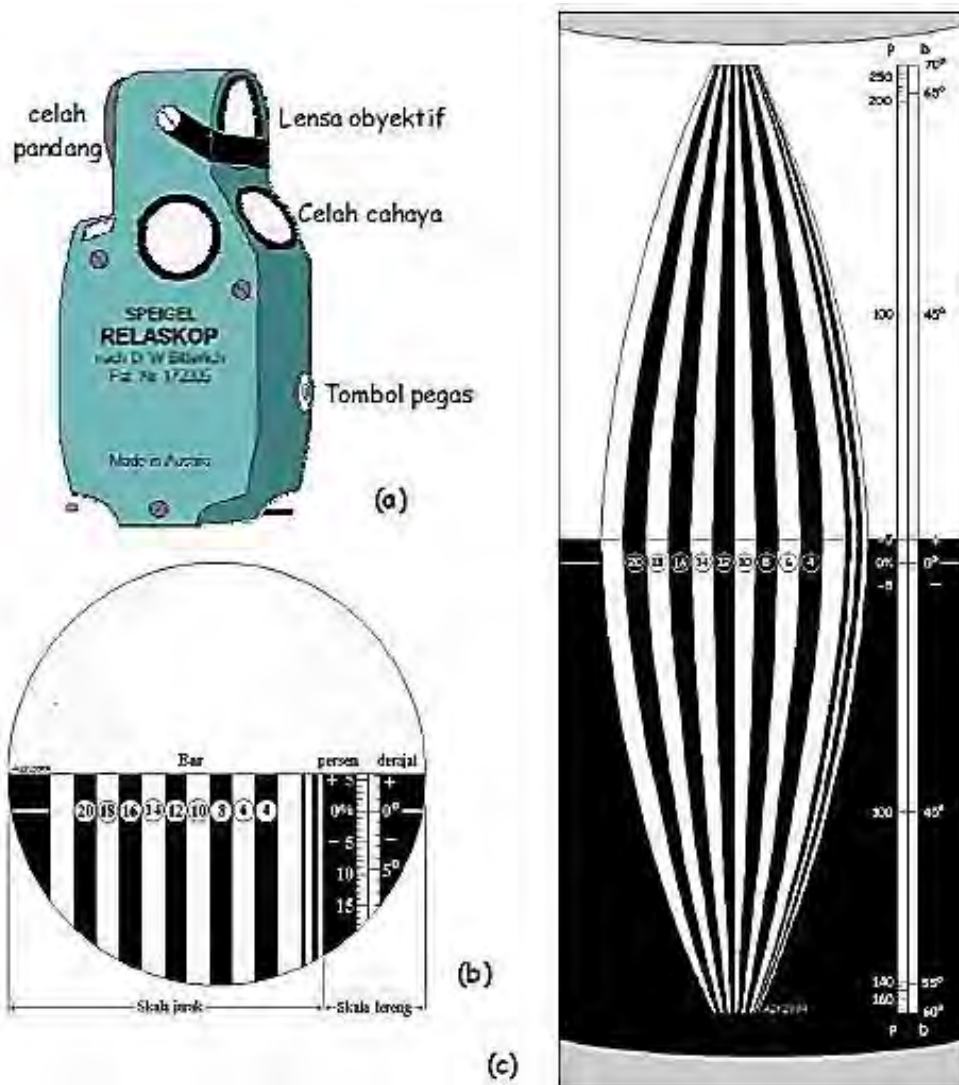
$T = Jd \times \left(\frac{\%MC - \%MA}{100}\right)$

$T = 15 \times \left(\frac{85 - (-11)}{100}\right)$

T = 14,4 m

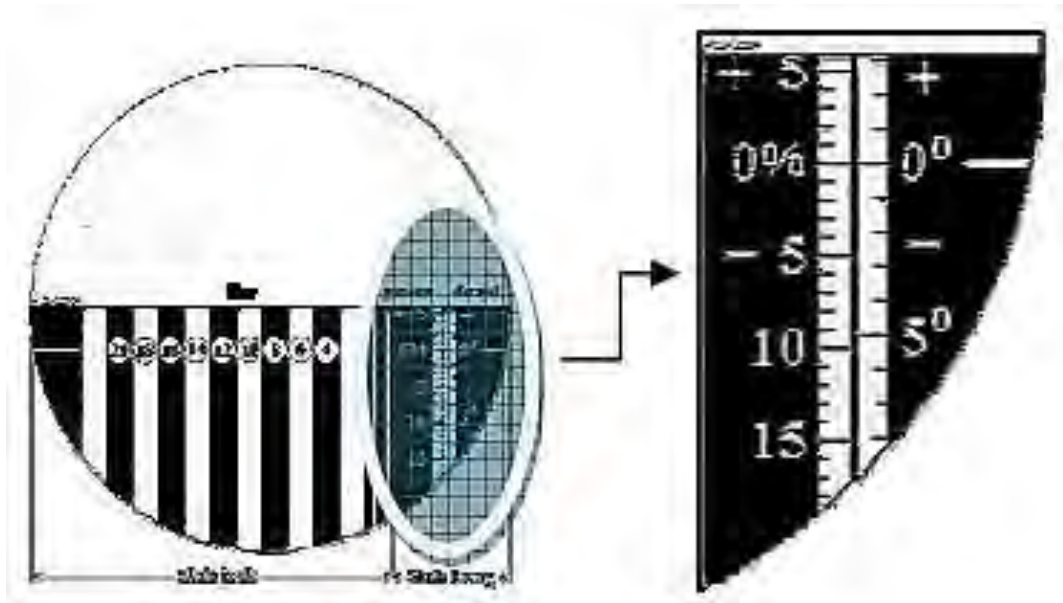
6) Spiegel relaskop

a) Bentuk fisik spiegel relaskop

Bentuk fisik seperti Gambar 60.

Gambar 60. Bentuk fisik spiegel relaskop
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari celah pandang spiegel relaskop dapat dilihat rentangan besaran skala sudut bidik :

- Skala derajat dari -60^{o} s.d. $+70^{o}$.
- Skala persen dari –175% s.d. +275%.
- Kesamaan besaran sudut 45^{o} = 100%.

Lebih jelas pembacaan skala pada celah pandang spiegel relaskop dapat dilihat dalam Gambar 61.

Gambar 61. Celah pandang spiegel relaskop
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

b) Dasar Kerja

Dasar kerja alat berdasarkan **Rumus Dasar Tinggi**, sehingga rumus tinggi pohon (T), yaitu :

$$T = Jd \times (tg\ \alpha - tg\ \beta)$$

$$T = Jd \times \left(\frac{\%MC - \%MA}{100}\right)$$

Cara penggunaan.

(1) Arahkan alat ke ujung (C) dan pangkal batang (A) sambil penekan tombol penghenti goyangan.

(2) Setelah titik sasaran tepat dan kondisi skala tidak bergoyang lagi, hentikan penekanan tombol dan baca skala.

(3) Ukur jarak antara si pengukur terhadap pohon yang dibidik (Jd).

(4) Tinggi pohon (T = AC) dihitung dengan rumus di atas.

Contoh perhitungan :

(1) Pembidikan sejauh 12 meter dengan sudut bidik $\alpha = 47^o$ dan $\beta = -1^o30'$.

$T = Jd \times (tg\ \alpha - tg\ \beta)$

$T = 12 \times \{tg\ 47^o - tg\ (-1^o30')\}$

T = 13,2 m

(2) Pembidikan sejauh 15 meter dengan sudut bidik %atas = 85% dan %bawah = -11%.

$T = Jd \times (\frac{\%MC - \%MA}{100})$

$T = 15 \times (\frac{85 - (-11)}{100})$

T = 14,4 m

i. Kesalahan pengukuran tinggi

Kesalahan pengukuran tinggi dapat terjadi disebabkan oleh :

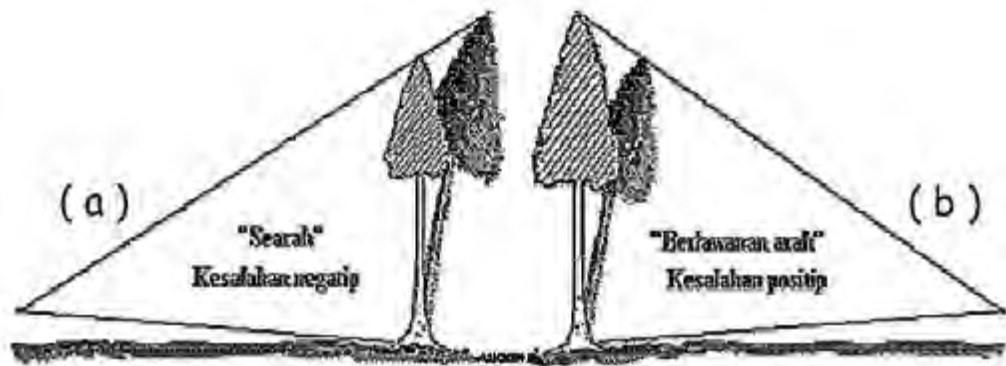
(1) Posisi pohon berdiri miring.

(2) Pohon bertajuk lebar.

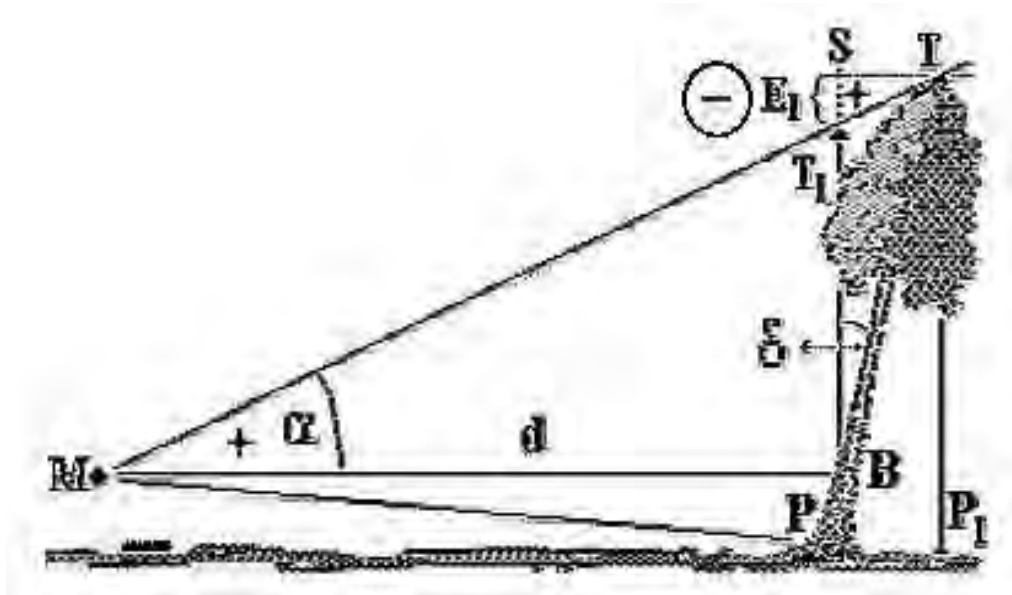
(3) Antara pengukur dan pohon terlindung daerah bersemak atau berbatu.

Untuk pemantapan pemahaman materi kesalahan pengukuran tinggi, mari simak penjelasan berikut ini!

1) Pohon berdiri miring

   Pengilustrasian pohon berdiri miring dalam Gambar 62 (warna gelap) akan memungkinkan dua kesalahan pengukuran tinggi dengan dua arah pembidikan yang berbeda tinggi. Pohon yang diarsir adalah pohon yang tampak saat pembidikan.

Gambar 62. Ilustrasi pohon berdiri miring
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Kesalahan pengukuran tinggi yang akan terjadi bisa bersifat negatif (Gambar 62-a) atau bersifat positif (Gambar 62-b). Maksud kesalahan pengukuran tinggi bersifat negatif bila hasil ukuran tinggi diperoleh lebih rendah dari tinggi yang sebenarnya, sedangkan bersifat positif bila hasil ukuran lebih tinggi dari tinggi yang sebenarnya.

a) Kesalahan negatif (Gambar 63)

Gambar 63. Ilustrasi kesalahan negatif
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Tinggi pohon yang sebenarnya adalah TP_1. Karena kondisi pohon berdiri miring sebesar δ, maka tampak oleh mata adalah T_1P. Ini berarti terjadi pengurangan ukuran tinggi dari tinggi sebenarnya, yaitu sebesar $T_1P - TP_1$. Karena terjadi pengurangan ukuran tinggi dari tinggi sebenarnya, maka dinyatakan kesalahan pengukuran tinggi bersifat negatif.

Perhitungannya adalah :

$$E_t = T_1P - TP_1$$

karena,

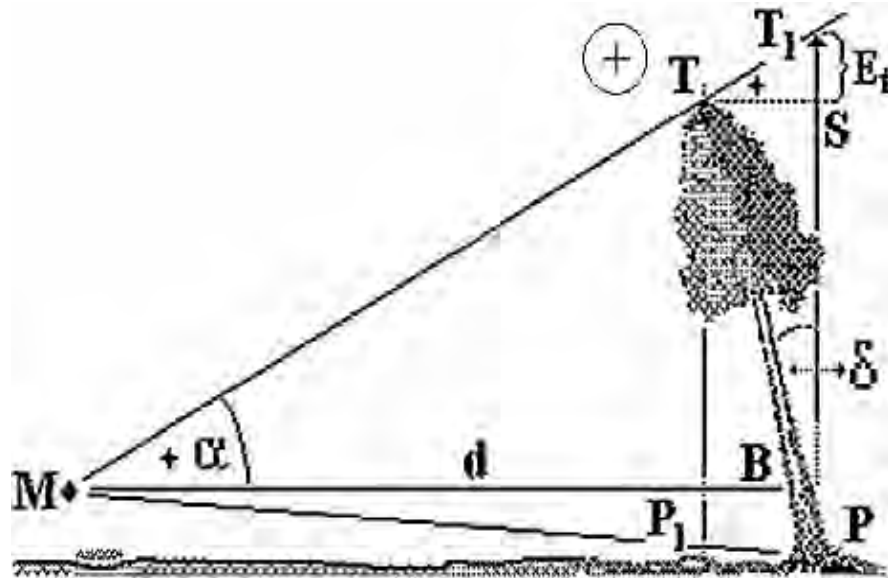
$$TP_1 = SP$$

maka,

$$E_t = T_1P - SP$$

$$E_t = - ST_1$$

$$E_t = SP \times tg\ \alpha \times tg\ \delta$$

b) Kesalahan positif (Gambar 64)

Gambar 64. Ilustrasi kesalahan positif
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Tinggi pohon yang sebenarnya adalah TP_1. Karena kondisi pohon berdiri miring sebesar δ, maka tampak oleh mata adalah T_1P. Ini berarti terjadi penambahan ukuran tinggi dari tinggi sebenarnya, yaitu sebesar $T_1P - TP_1$. Karena terjadi penambahan ukuran tinggi dari tinggi sebenarnya, maka kesalahan pengukuran tinggi yang terjadi dinyatakan bersifat positif.

Perhitungannya adalah :

$$E_t = T_1P - TP_1$$

karena,

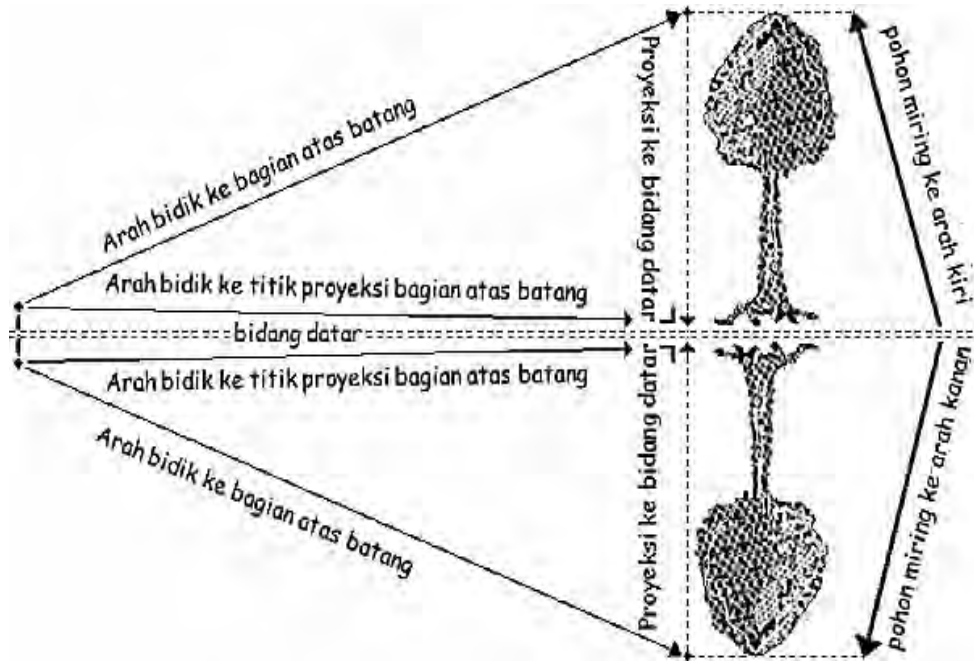
$$TP_1 = SP$$

maka,

$$Et = T1P - SP$$

$$Et = + ST1$$

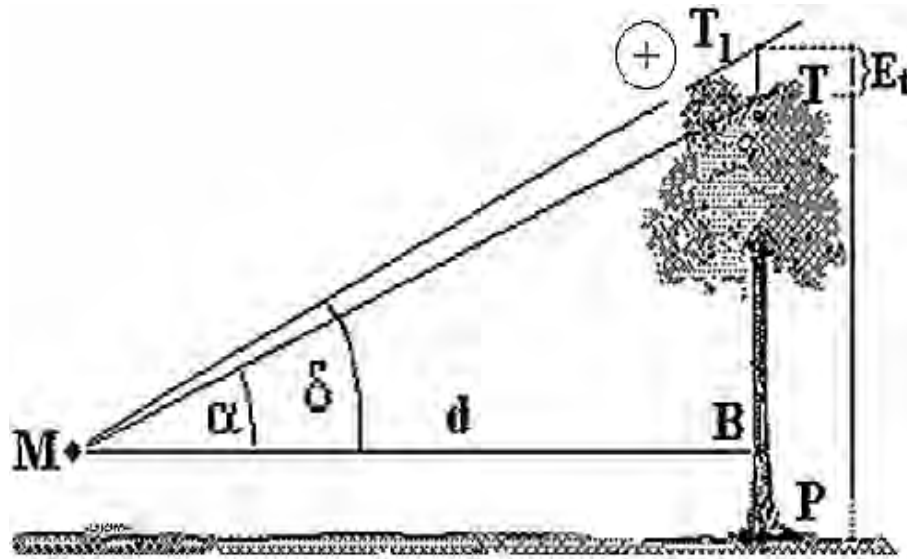
$$Et = SP \times tg\ \alpha \times tg\ \delta$$

Memperhatikan kedua kemungkinan terjadi kesalahan ukur tinggi (negatif atau positif), maka arah bidik hendaknya tegak lurus dengan kemiringan pohon. Upaya untuk mengatasi kedua kesalahan tersebut diilustrasikan seperti Gambar 65 (arah pandang dari samping dan atas).

Gambar 65. Ilustrasi arah bidik ke pohon berdiri miring
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa si pengukur hendaknya berdiri membentuk sudut siku (90^o) dari kemiringan pohon, baik miring ke arah kiri atau kanan. Pembidikan awal dilakukan terhadap bagian atas batang (ujung batang/tajuk, bebas cabang atau tinggi tertentu), kemudian ke arah titik proyeksi bagian atas batang tersebut pada bidang datar (permukaan tanah).

2) Pohon bertajuk lebar

Umumnya pohon yang bertajuk lebar tidak tampak dengan jelas ujung batang/tajuk, sehingga letak pembidikannya diperkirakan (T_1) dan

biasanya cenderung lebih tinggi dari ujung batang/tajuk yang sebenarnya (T). Ini berarti kesalahan ukur yang terjadi adalah bersifat positif, yaitu sebesar T_1P – TP (Gambar 66).

Gambar 66. Ilustrasi kesalahan positif akibat pohon bertajuk lebar

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Perhitungannya adalah :

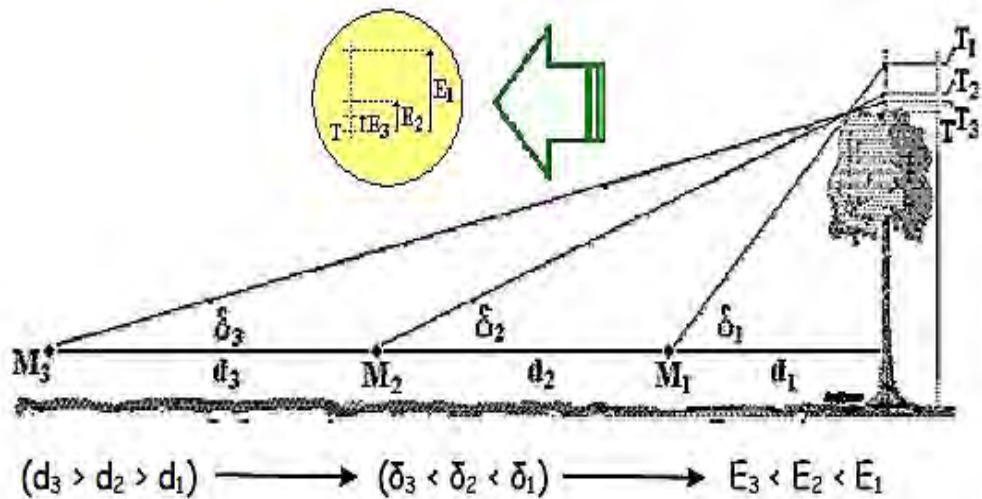
$E_t = T_1P - TP$

$E_t = T_1B - TB$

$E_t = + T_1T$

$E_t = d \times (\text{tg } \delta - \text{tg } \alpha)$

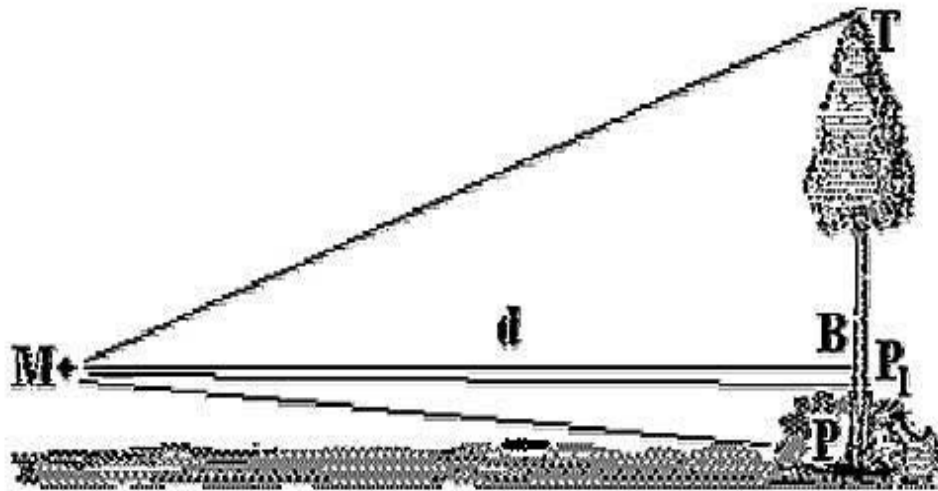
Karena dari manapun memandang/membidik akan menyebabkan kesalahan positif, maka dapat dinyatakan bahwa kesalahan pengukuran tinggi pada pohon bertajuk lebar selalu bersifat positif. Upaya mengatasi kesalahan pembidikan bagian atas batang diilustrasikan seperti sajian Gambar 67.

$(d_3 > d_2 > d_1) \longrightarrow (\delta_3 < \delta_2 < \delta_1) \longrightarrow E_3 < E_2 < E_1$

Gambar 67. Ilustrasi upaya memperkecil kesalahan ukur tinggi bertajuk lebar

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Dari ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh jarak bidik (d_i) antara si pengukur (M_i) dari pohon, maka sudut yang dibentuk (δ_i) semakin kecil. Ini berarti besar kesalahan semakin kecil yaitu $E_3 < E_2 < E_1 = TT_3 < TT_2 < TT_1$.

3) Daerah bersemak atau berbatu

Terkadang bagian pangkal batang yang dibidik tidak selalu tampak dengan jelas atau tidak kelihatan. Ini biasanya akibat terhalang oleh semak, batu atau lainnya (Gambar 68).

Gambar 68. Ilustrasi kesalahan ukur tinggi pada daerah bersemak atau berbatu

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Perhitungannya adalah :

$E_t = P_1B - PB$

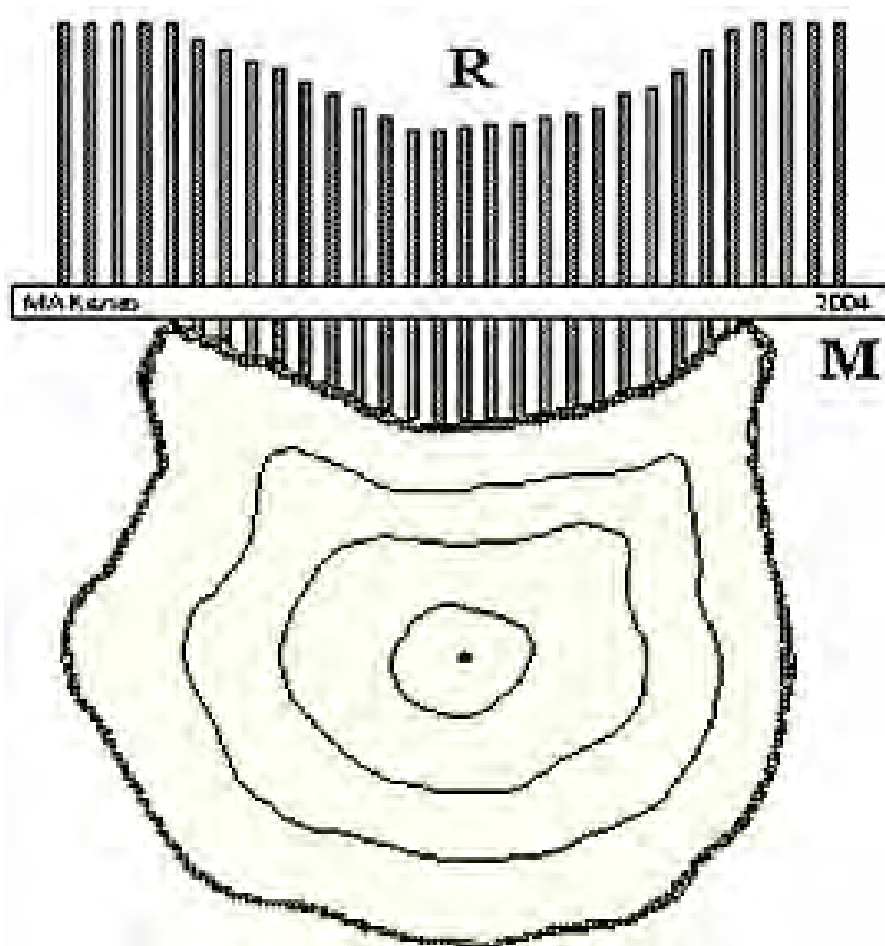
$E_t = - P_1P$

$E_t = d \times (tg\ \delta - tg\ \beta)$

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi kesalahan ukur tinggi pada daerah bersemak atau berbatu, adalah :

- pembidikan beralih ke sisi lain hingga bagian pangkal dapat terlihat.
- jika kondisinya tidak memungkinkan, perkirakan dulu tinggi semak, batu atau penghalang lainnya (misal setinggi y meter) yang dijadikan dasar bagian pangkal batang. Setelah ukuran tinggi diperoleh tambahkan dengan y meter untuk memperoleh tinggi pohon sebenarnya.

j. Lekukan batang

Alat pengukur lekukan batang berupa mistar yang mempunyai rusuk-rusuk yang letaknya tegak lurus mistar. Alat ini dinamakan Gleuvenmeter (Gambar 69). Mistar M dengan jarak antara rusuk 2 cm. Tiap rusuk mempunyai skala dengan selang antara garis pembagian sebesar $\frac{1}{2}$ cm.

Gambar 69. Gleuvenmeter
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Luas trapesium = $\frac{p1+p2}{2} x$ i

Luas lekukan = jumlah luas trapesium

= ($p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + ... + p_n$) x 2 cm^2.

Misal panjang dari bagian-bagian tiap rusuk dari kiri ke kanan adalah p_1, p_2, p_3, ……, p_n kali satuan pembagian skala (= $\frac{1}{2}$ cm), sehingga luas penampang lintang lekukan adalah :

= ($p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + ... + p_n$) x $\frac{1}{2}$ x 2 cm^2.

= ($p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + ... + p_n$) cm^2.

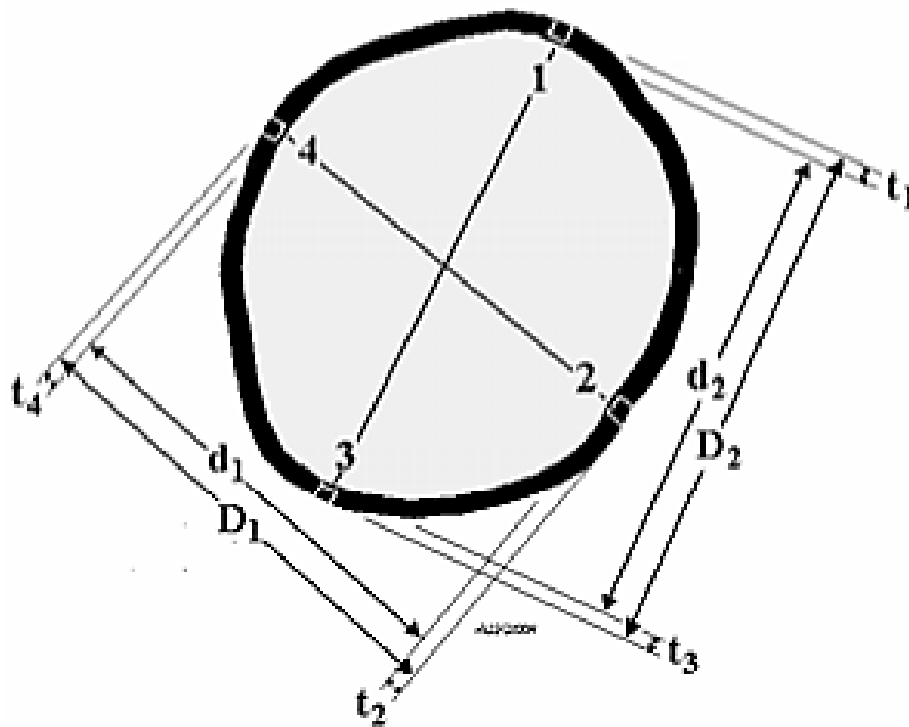
Berarti luas trapesium merupakan jumlah skala yang ditunjukkan oleh rusuk-rusuk tersebut. Pengamatan lekukan batang lebih cenderung pada penelitian dasar.

k. Ketebalan kulit batang

Pengukuran diameter atau keliling pada materi yang telah dibahas sebelumnya, dilakukan dengan mengikutsertakan ketebalan kulit. Hal tersebut terjadi karena pengukuran diameter atau keliling pohon berdiri dilakukan dengan tidak menguliti batang pohon terlebih dahulu. Sehingga, **bagaimanakah cara agar pengukuran diameter atau keliling batang pohon berdiri menghasilkan data yang akurat (diameter atau keliling tanpa kulit batang)?**

Mari simak penjelasan berikut!

Sebelum menentukan tebal kulit suatu batang pohon berdiri, lebih dahulu ditentukan pada titik mana dilakukan pengukuran tebal kulit. Letak

pengukuran tebal kulit dari permukaan tanah belum ada ketentuan khusus. Demikian pula untuk jumlah titik tempat pengukuran tebal kulit. Ketentuan yang ada selama ini dengan pemikiran bila lingkar batang tidak merupakan lingkaran sempurna misal agak lonjong (elips) maka pengukurannya dilakukan di empat titik. Dua titik pada diameter terpendek dan dua titik pada tegak-lurus terpendek atau pada diameter terpanjang. Sebagai ilustrasi seperti disajikan pada gambar 70.

Gambar 70. Ilustrasi titik pengukuran tebal kulit
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Keterangan :

1) Titik 1, 2 , 3 dan 4 adalah titik pengukuran tebal kulit.
2) t_2 & t_4 adalah ketebalan kulit pada diameter terpendek.
3) t_1 & t_3 adalah ketebalan kulit pada diameter terpanjang.
4) d_1 & d_2 adalah diameter tanpa kulit.
5) D_1 & D_2 adalah diameter dengan kulit.

Berdasarkan tebal kulit (t_1 , t_2 , t_3 , t_4) diperoleh diameter batang tanpa kulit (d), yaitu :

$$D_1 = d_1 + t_1 + t_2$$

sehingga, $d_1 = D_1 - (t_1 + t_2)$ .... (1)

$$D_2 = d_2 + t_3 + t_4$$

sehingga, $d_2 = D_2 - (t_3 + t_4)$ .... (2)

maka,

$$d_1 + d_2 = \{D_1 - (t_1 + t_2)\} + \{D_2 - (t_3 + t_4)\}$$

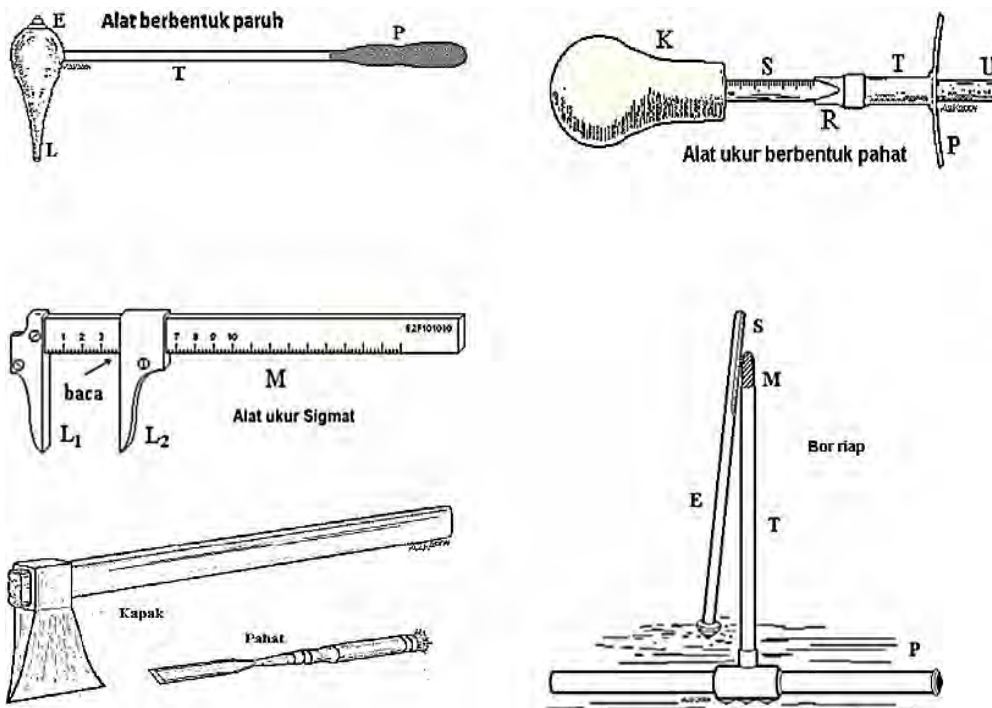
$$d = \frac{1}{2}\{(D_1 + D_2) - (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)\}$$

atau,

$$D = \frac{1}{2}(D_1 + D_2)$$

karena, $D = \frac{1}{\pi}\ x\ K$

maka, $d = \frac{1}{2}\ \mathrm{x}\ \{2(\frac{1}{\pi}\ x\ K) - (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)\}$

Ketebalan kulit dapat dilakukan secara langsung dan tak langsung. Peralatan yang dapat digunakan secara langsung adalah alat berbentuk paruh dan alat ukur berbentuk pahat (Gambar 71).

Gambar 71. Peralatan ukur tebal kulit
Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Untuk pemantapan pemahaman pengukuran diameter batang pohon tanpa kulit, mari simak contoh soal di bawah ini!

Latihan 1.

Pengukuran diameter atau keliling batang pohon dan tebal kulit, menghasilkan data di bawah ini.

a) Hasil pengukuran diameter batang pohon
D_1 = 33,7 cm dengan tebal kulit t_2 = 5 mm dan t_4 = 7 mm; dan
D2 = 35,4 cm dengan tebal kulit t_1 = 6 mm dan t_3 = 5 mm.
Tentukan diameter batang pohon tanpa kulit!

Jawab!

d= $\frac{1}{2}\{(D_1 + D_2) - (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)\}$

d= $\frac{1}{2}$ x {(33,7 + 35,4) - (0,6 + 0,5 + 0,5 + 0,7)}

d= 33,4 cm

b) Hasil pengukuran keliling batang pohon

K = 108,6 cm dengan ketebalan kulit di keempat titik pengukuran t_1 = 6 mm, t_2 = 5 mm, t_3 = 5 mm dan t_4 = 7 mm. Tentukan diameter batang pohon tanpa kulit!

Jawab!

d= $\frac{1}{2} \times \{2(\frac{1}{\pi}\ x\ K) - (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)\}$

d= $\frac{1}{2} \times \{\ 2(\frac{108,6}{\pi}) - (0,6 + 0,5 + 0,5 + 0,7)\}$

d = $\frac{1}{2} \times \{\ 2(\frac{108,6}{\frac{22}{7}}) - (0,6 + 0,5 + 0,5 + 0,7)\}$

d= $\frac{1}{2} \times \{\ 2(\frac{108,6\ x\ 7}{22}) - (0,6 + 0,5 + 0,5 + 0,7)\}$

d= 33,4 cm.

Catatan!

Volume kulit pada kayu bulat, apalagi pada pohon berdiri dapat dikatakan hampir tidak pernah dilakukan. Dalam skala kecil dilakukan pada kulit kayu manis. Itupun dalam satuan ukuran berat. Jika ingin menentukan volume kulit, maka perhitungannya didasarkan pada volume selimut. Rumus dasarnya adalah volume batang (dengan kulit) dikurangi volume kayu. Disini diperlukan data ukuran panjang (p).

Sebagai contoh, batang sepanjang P meter dengan masing--masing ukuran bontos :

(1) Batang dengan kulit (D_1, D_2, D_3 dan D_4 diukur dalam satuan cm)

  (a) bontos pangkal $D_1 = d_1 + t_{11} + t_{12}$ dan $D_2 = d_2 + t_{21} + t_{22}$.

  (b) bontos ujung $D_3 = d_3 + t_{31} + t_{32}$ dan $D_4 = d_4 + t_{41} + t_{42}$.

  (c) volume dengan kulit (VK) = $(\frac{11}{2240000})$ x $(D_1 + D_2 + D_3 + D_4)^2$ x P m^3.

(2) Batang dengan tanpa kulit (d_1, d_2, d_3 dan d_4 diukur dalam satuan cm)

  (a) bontos pangkal $d_1 = D_1 - (t_{11} + t_{12})$ dan $d_2 = D_2 - (t_{21} + t_{22})$.

  (b) bontos ujung d3 = D3 – (t31 + t32) dan d4 = D4 – (t41 + t42).

  (c) volume dengan tanpa kulit (VTK) = $(\frac{11}{2240000})$ x $(d_1 + d_2 + d_3 + d_4)^2$ x P m^3.

(3) Volume kulit = VK - VTK

  = $(\frac{11}{2240000})$ x P $\{(D1 + D2 + D3 + D4)^2 - (d_1 + d_2 + d_3 + d_4)^2\}$ m^3.

Latihan 2.

Batang pohon memiliki panjang 4 meter. Pengukuran diameter batang dengan kulit pada kedua bontos diperoleh :

D_1 = 35,8 cm,

D_2 = 37,0 cm,

D_3 = 35,2 cm,

D_4 = 36,5 cm.

Sedangkan pengukuran diameter tanpa kulit diperoleh :

d_1 = 35,2 cm,

d_2 = 36,5 cm,

d_3 = 34,7 cm,

d_4 = 36,1 cm.

Tentukan diameter batang pohon tanpa kulit!

Jawab!

Vol. kulit = $(\frac{11}{2240000})$ x P $\{(D_1 + D_2 + D_3 + D_4)^2 - (d_1 + d_2 + d_3 + d_4)^2\}$ m^3.

Vol. kulit =$(\frac{11}{2240000})$ x 4 {(35,8 + 37,0 + 35,2 + 36,5)^2 - (35,2 + 36,5 + 34,7 + 36,1)2} m^3.

Vol. Kulit = 0,002816 m3.

Vol. kulit = 2.816 cm^3.

I. Penentuan Volume Pohon Berdiri

Penentuan volume pohon berdiri dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

1) Persamaan umum

Persamaan untuk perhitungan volume pohon yang umum digunakan adalah :

$$V_{pohon} = \frac{11}{140000}\ x\ D^2\ x\ T\ x\ f$$

$$V_{pohon} = \frac{7}{880000}\ x\ K^2\ x\ T\ x\ f$$

Keterangan :

D = diameter (cm).

K = keliling (cm).

T = tinggi (m).

f = faktor koreksi atau angka bentuk.

2) Pendugaan kasat mata

Cara ini diperlukan pengalaman lapangan. Surveyor yang berpengalaman dalam menduga volume pohon berdiri akan memberikan bias volume sekitar 10 -15%. Pendugaan volume dengan kasat mata, dirumuskan sebagai berikut :

$$V = \frac{{D_{sd}}^2}{100}$$

Keterangan :

V = volume batang (m^3) sampai diameter 7 cm.

D_{sd} = diameter setinggi dada (cm).

3. Refleksi

Tuliskan jawaban pada lembar refleksi!

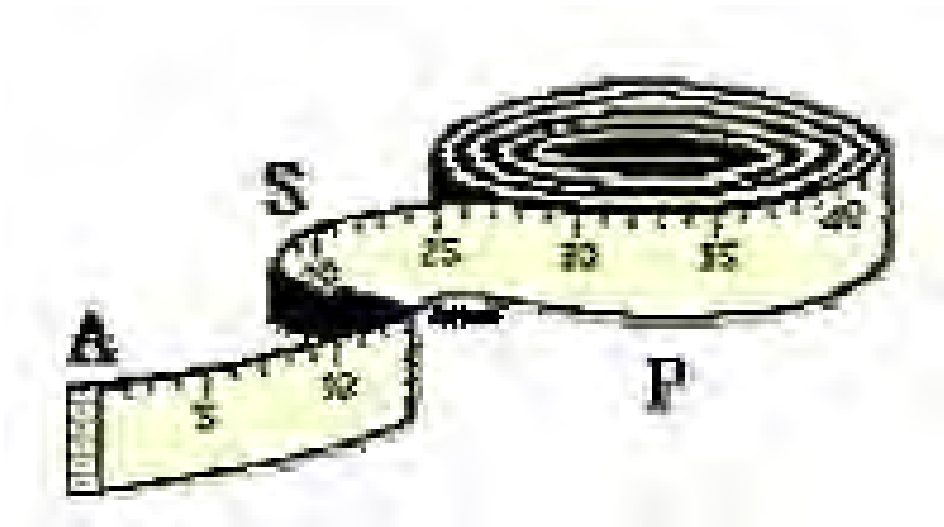
a. Bagaimana kesan Anda selama mengikuti pembelajaran ini!
b. Apakah Anda telah menguasai seluruh materi pelajaran ini!
c. Apa yang akan Anda lakukan setelah menyelesaikan pembelajaran ini!
d. Tuliskan secara ringkas apa yang Anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

4. Tugas

Lembar Kerja Siswa I

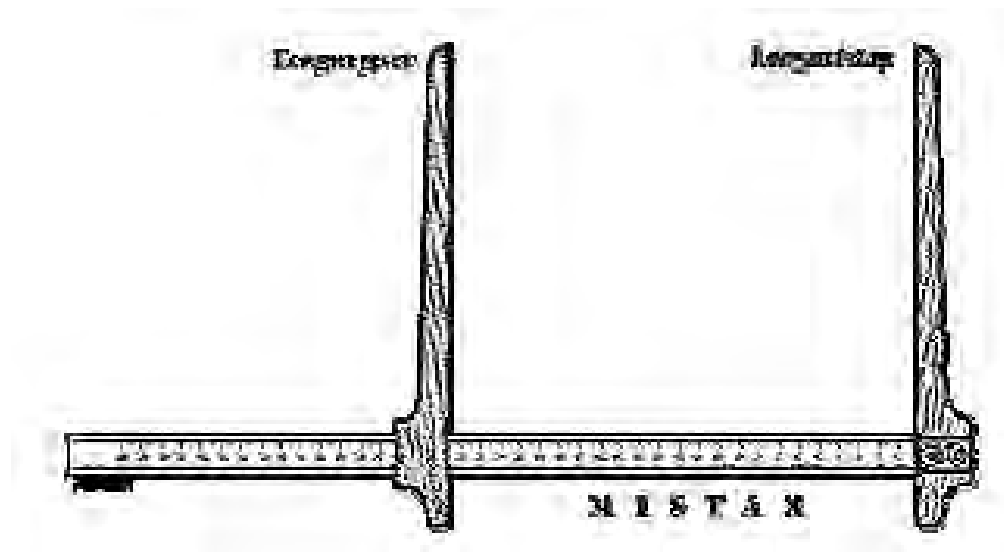
a. Buatlah kelompok kerja yang berjumlah minimal 4 orang!
b. Amati alat-alat yang ada dalam gambar dan pelajari alat sungguhannya!
c. Jawablah pertanyaan yang ada dalam lembar kerja!
d. Buatlah laporan secara berkelompok!
e. Laporan yang dikumpulkan hanya 1 dari masing-masing kelompok.

4. Tugas

A. Pita Ukur

1. Apa fungsi dari pita ukur?

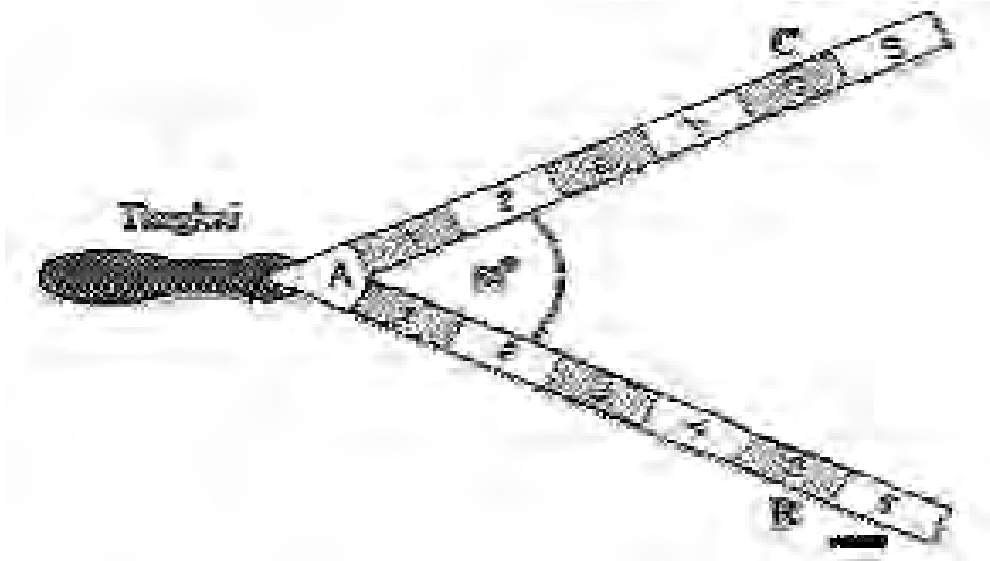
2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam pita ukur!

3. Bagaimana skala pembacaan pita ukur? Jelaskan!

B. Kaliper

1. Apa fungsi dari kaliper?

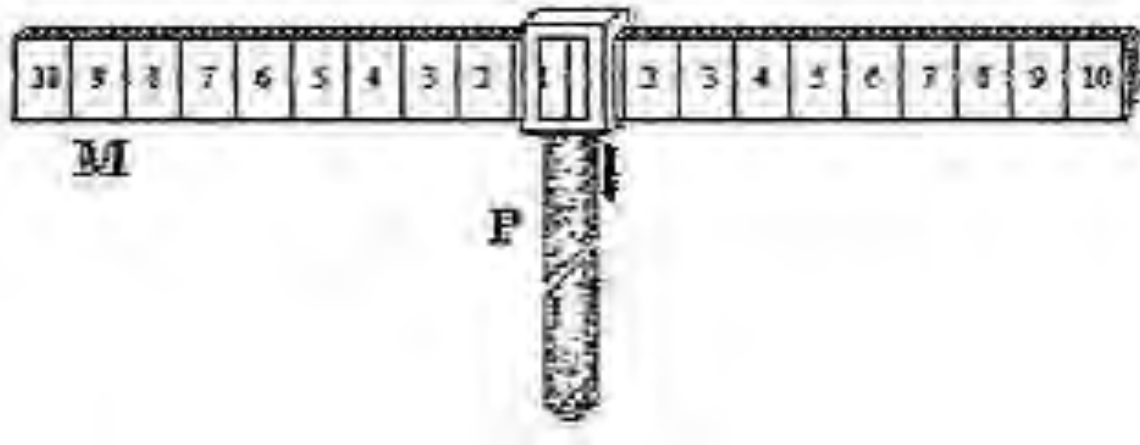
2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam kaliper!

3. Bagaimana skala pembacaan kaliper? Jelaskan!

C. Garpu Pohon

1. Apa fungsi dari garpu pohon?

2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam garpu pohon!

3. Bagaimana skala pembacaan garpu pohon? Jelaskan!

D. Mistar Biltmore

1. Apa fungsi dari mistar biltmore?

2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam mistar biltmore!

3. Bagaimana skala pembacaan mistar biltmore? Jelaskan!

E. Spiegel Relaskop

1. Apa fungsi dari spiegel relaskop?

2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam spiegel relaskop!

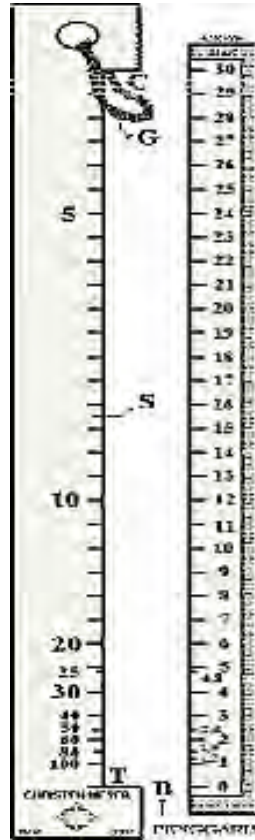
3. Bagaimana skala pembacaan spiegel relaskop? Jelaskan!

F. Tongkat Ukur

1. Apa fungsi dari tongkat ukur?

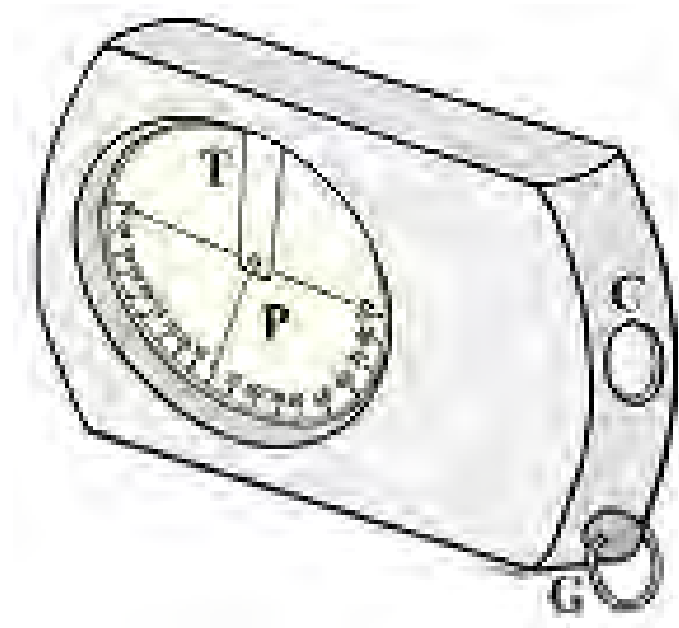
2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam tongkat ukur!

3. Bagaimana skala pembacaan tongkat ukur? Jelaskan!

G. Christenmeter

1. Apa fungsi dari christenmeter?

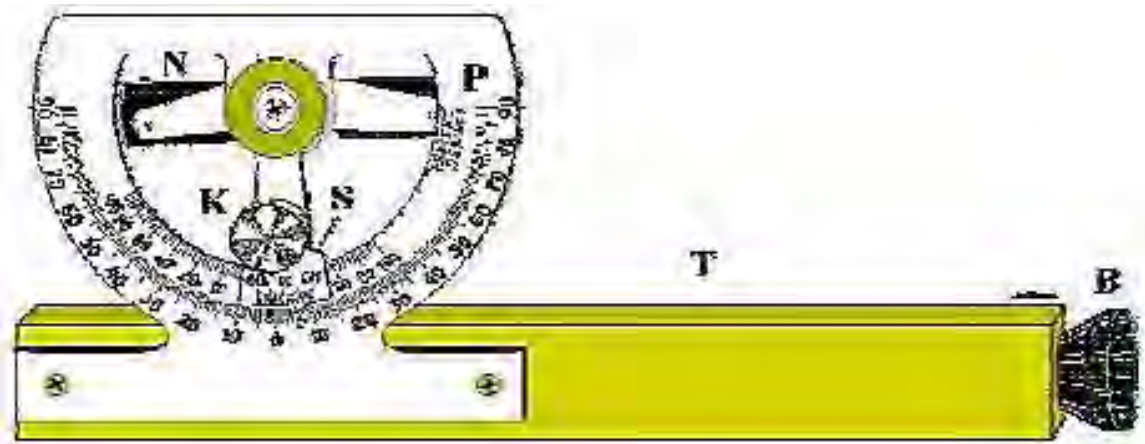
2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam christenmeter!

3. Bagaimana skala pembacaan christenmeter? Jelaskan!

H. Clinometer

1. Apa fungsi dari clinometer?

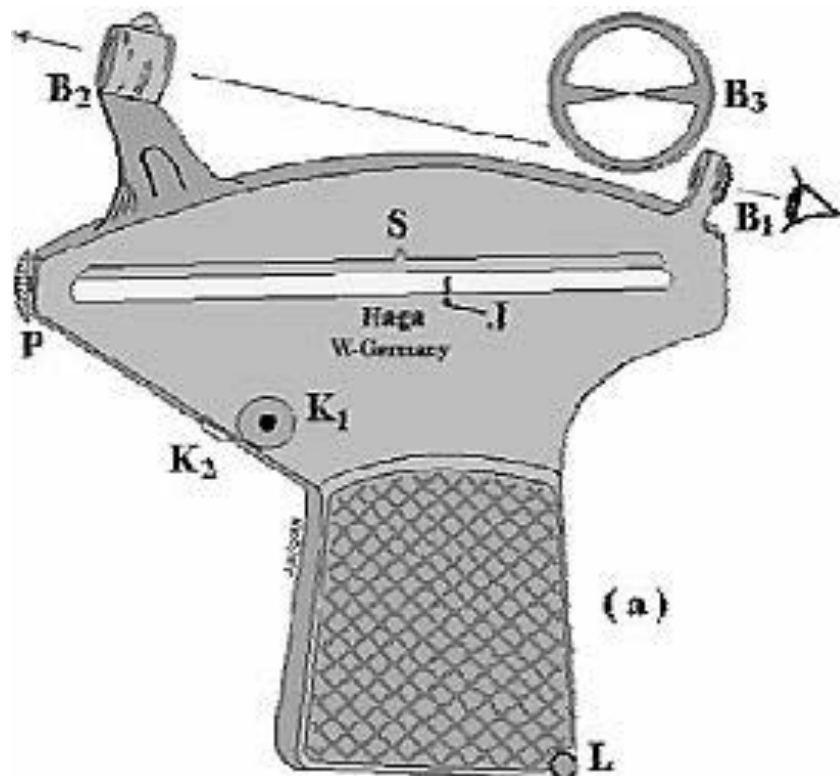
2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam clinometer!

3. Bagaimana skala pembacaan clinometer? Jelaskan!

I. Abney Level

1. Apa fungsi dari abney level?

2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam abney level!

3. Bagaimana skala pembacaan abney level? Jelaskan!

J. Hagameter

1. Apa fungsi dari hagameter?

2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam hagameter!

3. Bagaimana skala pembacaan hagameter? Jelaskan!

K. Spiegel Relaskop

1. Apa fungsi dari spiegel relaskop?

2. Jelaskan bagian-bagian yang terdapat dalam spiegel relaskop!

3. Bagaimana skala pembacaan spiegel relaskop? Jelaskan!

Lembar Kerja Siswa II

1. Buatlah kelompok kerja yang berjumlah minimal 4 orang!
2. Bagilah tugas kepada anggota kelompok untuk berperan sebagai :
    a. Pencatat data hasil pengukuran dimensi pohon!
    b. Pengukur diameter/keliling batang pohon!
    c. Pengukur tinggi batang pohon!
    d. Perintis!
3. Ukurlah dimensi pohon sesuai dengan Tally Sheet yang telah disediakan!
4. Isilah data hasil pengukuran dimensi pohon pada Tally Sheet yang telah disediakan!
5. Olah data hasil pengukuran dimensi pohon tersebut!
6. Buatlah laporan secara berkelompok!
7. Laporan yang dikumpulkan hanya 1 dari masing-masing kelompok.

Tally sheet pengukuran dimensi pohon dengan kondisi pohon berdiri tegak di atas tanah datar.

No.	Nama Pohon	D_{bh} (cm)	Tinggi (m)	Lbds (m^2)	Volume (m^3)

Tally sheet pengukuran dimensi pohon dengan kondisi batang pohon memiliki akar banir.

No.	Nama Pohon	D_{bh} (cm)	Tinggi (m)	Lbds (m^2)	Volume (m^3)

Tally sheet pengukuran dimensi pohon dengan kondisi batang pohon pada ketinggian 1,3 m dat cacad.

No.	Nama Pohon	D_{bh} (cm)	Tinggi (m)	Lbds (m^2)	Volume (m^3)

Tally sheet pengukuran dimensi pohon dengan kondisi batang pohon membentuk cagak atau garpu.

No.	Nama Pohon	D_{bh} (cm)	Tinggi (m)	Lbds (m^2)	Volume (m^3)

Tally sheet pengukuran dimensi pohon dengan kondisi pohon tumbuh di hutan rawa atau payau.

No.	Nama Pohon	D_{bh} (cm)	Tinggi (m)	Lbds (m^2)	Volume (m^3)

Tally sheet pengukuran dimensi pohon dengan kondisi tanah tempat tumbuh pohon miring.

No.	Nama Pohon	D_{bh} (cm)	Tinggi (m)	Lbds (m^2)	Volume (m^3)

Tally sheet pengukuran dimensi pohon dengan kondisi batang pohon tumbuh tidak lurus melainkan miring.

No.	Nama Pohon	D_{bh} (cm)	Tinggi (m)	Lbds (m^2)	Volume (m^3)

Tally sheet pengukuran dimensi pohon dengan kondisi batang pohon tumbuh tidak lurus melainkan miring.

No.	Nama Pohon	D_{bh} (cm)	Tinggi (m)	Lbds (m^2)	Volume (m^3)

5. Tes Formatif

Test formatif ini merupakan bahan pengecekan bagi siswa dan guru untuk mengetahui sejauh mana hasil belajar yang telah di capai. Oleh karena itu siswa harus mengerjakan test ini dengan benar sesuai dengan kemampuan sendiri.

1. Pengamatan yang dilakukan dengan pengukuran secara langsung menggunakan alat ukur tertentu dan dilakukan terhadap seluruh obyek yang diamati merupakan pengertian dari ….
   A. pengukuran
   B. penafsiran
   C. peramalan
   D. pengecekan

2. Di bawah ini yang merupakan dimensi pohon adalah ….
   A. lebar daun
   B. tinggi pohon
   C. lebar tajuk
   D. tinggi dahan pohon

3. Satuan ukur untuk pengukuran volume pohon adalah ….
   A. m
   B. m^2
   C. m^3
   D. $m^{2/3}$

4. Nilai yang tepat untuk menyatakan besarnya π adalah ….
   A. 3,41
   B. 4,31
   C. 4,13
   D. 3,14

5. Di bawah ini rumus yang tepat untuk mencari nilai keliling adalah ….

A. K = π x D

B. K = $\frac{\pi}{D}$

C. K = $\frac{D}{\pi}$

D. K = $\frac{D}{4\pi}$

6. Pernyataan yang benar di bawah ini adalah ….

A. $\pi \times r^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 2D^2$

B. $\pi \times 2r^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$

C. $\frac{\pi}{2} \times r^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$

D. $\pi \times 2r^2 = \pi \times D^2$

7. Hasil pengukuran dimensi pohon menghasilkan data seperti berikut, D_{bh} = 21 cm. Berapa nilai Lbds pohon tersebut?

A. 0,062 m^2

B. 0,139 m^2

C. 0,035 m^2

D. 0,312 m^2

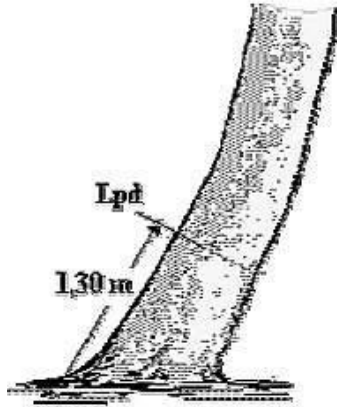
8. Bila diketahui Lbds sebuah pohon hasil pengukuran di lapangan adalah sebesar 0,466 m^2, berapa nilai K pohon tersebut?

A. 176 cm

B. 198 cm

C. 220 cm

D. 242 cm

9. Perhatikan gambar berikut!

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

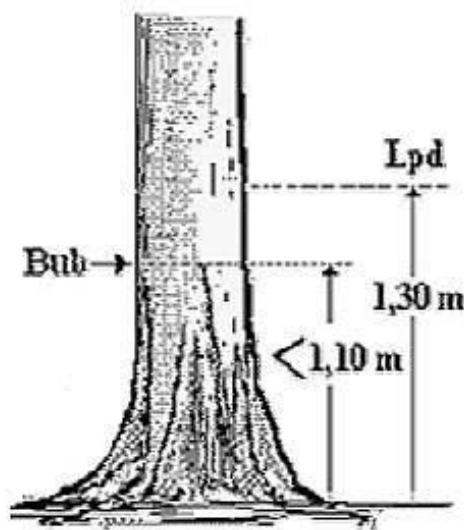
Pengukuran diameter pohon tersebut harus mengikuti kaidah yang benar, yaitu ....

A. pohon berdiri miring di atas tanah datar

B. pohon berdiri miring di atas tanah miring

C. pohon berdiri tegak di atas tanah datar

D. pohon berdiri tegak di atas tanah miring

10. Perhatikan gambar berikut!

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

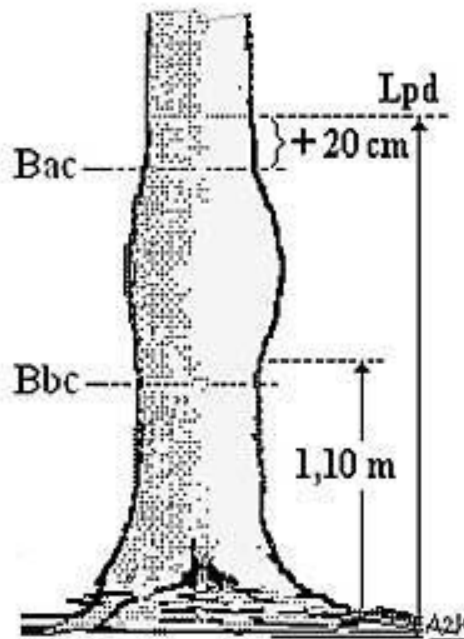
Pengukuran diameter pohon tersebut harus mengikuti kaidah yang benar, yaitu ….

A. pohon tumbuh di hutan payau

B. pohon memiliki akar banir

C. pohon membentuk cagak atau garpu

D. pohon memiliki cacad

11. Perhatikan gambar berikut!

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

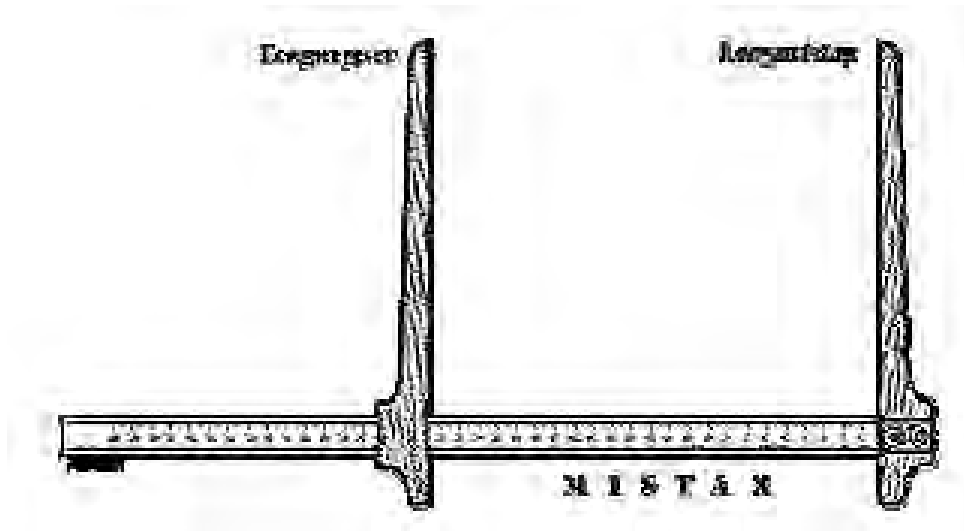
Pengukuran diameter pohon tersebut harus mengikuti kaidah yang benar, yaitu ….

A. Batas bawah bagian yang cacad (Bbc) lebih dari 1,10 m

B. Batas bawah bagian yang cacad (Bbc) lebih kurang setinggi 1,10 m

C. Batas bawah bagian yang cacad (Bbc) kurang dari 1,10 m

D. Batas bawah bagian yang cacad (Bbc) kurang dari 1,30 m

12. Perhatikan gambar berikut!

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

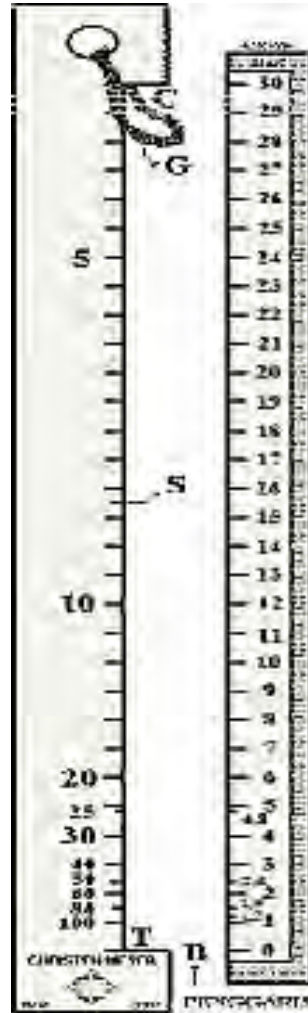
Alat ukur dimensi pohon seperti gambar di atas berfungsi untuk ....

A. mengukur tinggi pohon

B. mengukur panjang batang

C. mengukur lebar daun

D. mengukur diameter batang pohon

13. Perhatikan gambar berikut!

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

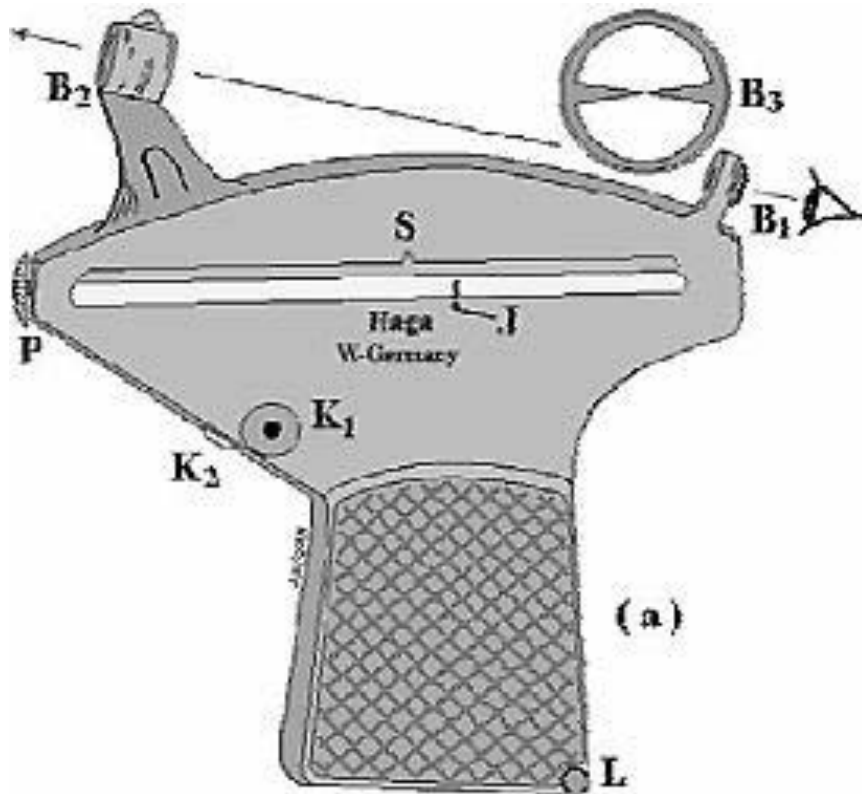
Alat ukur dimensi pohon seperti gambar di atas berfungsi untuk ....

A. mengukur tinggi pohon

B. mengukur panjang batang

C. mengukur lebar daun

D. mengukur diameter batang pohon

14. Perhatikan gambar berikut!

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

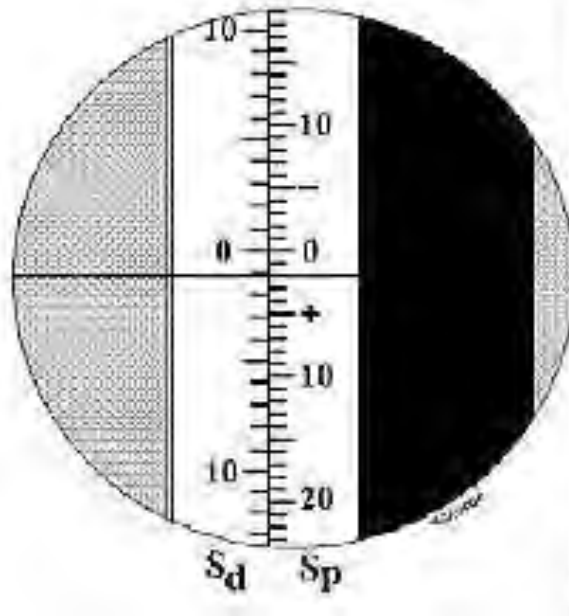
Simbol huruf P pada gambar alat ukur tinggi pohon seperti gambar di atas berfungsi untuk ….

A. lubang tempat gantungan tali

B. pemutar batangan berskala (S) bersegienam

C. tombol yang membuat jarum J bergerak bebas

D. pembibik yang dilengkapi pisir

15. Perhatikan gambar berikut!

Sumber : Asy'ari dkk. (2012)

Gambar di atas merupakan penampakan dari alat ukur ….

A. abney level

B. hagameter

C. clinometer

D. spiegel relaskop

16. Pengukuran diameter atau keliling batang pohon dan tebal kulit, menghasilkan data di bawah ini.

    D_1 = 33,7 cm dengan tebal kulit t_2 = 5 mm dan t_4 = 7 mm; dan

    D2 = 35,4 cm dengan tebal kulit t_1 = 6 mm dan t_3 = 5 mm.

    Berapa diameter batang pohon tanpa kulit?

    A. 34,3 cm
    B. 43,3 cm
    C. 44,3 cm
    D. 33,4 cm

Setelah Anda mengerjakan test di atas, cocokkan jawaban Anda dengan kunci jawaban yang terdapat di bagian akhir test formatif ini. Hitung jawaban Anda yang benar, kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan hasil belajar terhadap materi kegiatan pembelajaran.

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\Sigma \text{ Jawaban yang benar}}{16} \times 100\%$$

Keterangan : Jawaban benar dengan skore 1 dan jawaban salah skore 0

Nilai yang diperoleh Siswa kemudian dikategorikan sesuai dengan tabel status penguasaan hasil belajar di bawah ini :

Tabel 14. Status penguasaan hasil belajar

Penguasaan Hasil Belajar	Tingkat Penguasaan	Kriteria	Tindak Lanjut
Belum Menguasai	< 70 %	kurang	***Mengulangi lagi kegiatan pembelajaran*** ***Secara keseluruhan***
Sudah Menguasai	70 % – 79 %	cukup	***Penguatan dan Pengayaan dengan bimbingan guru terhadap materi yang belum tuntas***
	80 % – 90 %	baik	***Penguatan dan Pengayaan melalui belajar mandiri terhadap materi yang belum tuntas***
	> 90 %	baik Sekali	***Dapat langsung melaksanakan evaluasi untuk mengukur ketuntasan belajar***

C. Penilaian

Penilaian sebagai sebuah evaluasi keberhasilan proses pembelajaran dilakukan terhadap tiga aspek, yaitu sikap, pengetahuan, dan keterampilan.

1. Penilaian Sikap

Tabel 15. Penilaian aspek sikap

<table>
<tr><th rowspan="2">Indikator</th><th colspan="3">Penilaian</th></tr>
<tr><th>Teknik</th><th>Bentuk Instrumen</th><th>Butir Soal/Instrumen</th></tr>
<tr>
<td>Sikap
a.
• Menampilkan perilaku rasa ingin tahu dalam melakukan observasi
• Menampilkan perilaku obyektif dalam kegiatan observasi
• Menampilkan perilaku jujur dalam melaksanakan kegiatan observasi</td>
<td>Non Tes</td>
<td>Lembar Observasi Penilaian sikap</td>
<td>1. Rubrik Penilaian Sikap
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Mengamati</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Menanya</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Menalar</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Mengolah data</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Menyimpulkan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Menyajikan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
Kriteria Terlampir</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th rowspan="2">Indikator</th><th colspan="3">Penilaian</th></tr>
<tr><th>Teknik</th><th>Bentuk Instrumen</th><th>Butir Soal/Instrumen</th></tr>
<tr><td>2.2
• Konsolidasikan hasil observasi kelompok
• Menampilkan hasil kerja kelompok
• Melaporkan hasil diskusi kelompok</td><td>Non Tes</td><td>Lembar Observasi Penilaian sikap</td><td>2. Rubrik Penilaian Diskusi
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Terlibat penuh</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Bertanya</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Menjawab</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Memberikan gagasan orisinil</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Kerja sama</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Tertib</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Indikator	Penilaian		
	Teknik	Bentuk Instrumen	Butir Soal/Instrumen
2.3 • Menyumbang pendapat tentang pengukuran dan perhitungan pohon berdiri	Non Tes	Lembar Observasi Penilaian sikap	3 Rubrik Penilaian Presentasi

No	Aspek	Penilaian			
		4	3	2	1
1	Kejelasan Presentasi				
2	Pengetahuan :				
3	Penampilan :				

2. Penilaian Pengetahuan

Tabel 16. Penilaian aspek pengetahuan

Indikator	Penilaian		
	Teknik	Bentuk Instrumen	Butir Soal/Instrumen
Pengetahuan 1. Memahami macam-macam alat ukur dimensi pohon	Tes	Uraian	1. Jelaskan macam alat ukur dimensi pohon! 2. Jelaskan teknik mengukur diameter pohon! 3. Jelaskan teknik mengukur tinggi pohon!

Indikator	Penilaian		
	Teknik	Bentuk Instrumen	Butir Soal/Instrumen
2. Memahami diameter pohon 3. Memahami tinggi pohon			

3. Penilaian Keterampilan

Tabel 17. Penilaian aspek keterampilan.

<table>
<tr><th rowspan="2">Indikator</th><th colspan="3">Penilaian</th></tr>
<tr><th>Teknik</th><th>Bentuk Instrumen</th><th>Butir Soal/Instrumen</th></tr>
<tr><td>Keterampilan

1. Menerapkan alat ukur dimensi pohon pada pengukuran diameter dan tinggi pohon

2. Melakukan pengukuran diameter pohon pada berbagai kondisi pohon dan tanah tempat tumbuh pohon

3. Melakukan pengukuran tinggi pohon pada berbagai kondisi pohon dan tanah tempat tumbuh pohon</td><td>Non Tes (Tes Unjuk Kerja)</td><td></td><td>4.Rubrik Sikap Ilmiah

<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Mengamati</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Menanya</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Menalar</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Mengolah data</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Menyimpulkan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Menyajikan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

Indikator	Penilaian		
	Teknik	Bentuk Instrumen	Butir Soal/Instrumen
			5.Rubrik Penilaian Penggunaan alat dan bahan

Aspek	Penilaiaan			
	4	3	2	1
Cara merangkai alat				
Cara menuliskan data hasil pengamatan				
Kebersihan dan penataan alat				

Lampiran Rubrik & Kriteria Penilaian :

A. Rubrik Sikap Ilmiah

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
1.	Mengamati				
2.	Menanya				
3.	Menalar				
4.	Mengolah Data				
5.	Menyimpulkan				
6.	Menyajikan				

Kriteria :

1. Aspek mengamati :

   Skor 4 : Terlibat dalam pengamatan dan aktif dalam memberikan pendapat.

   Skor 3 : Terlibat dalam pengamatan.

   Skor 2 : Berusaha terlibat dalam pengamatan.

   Skor 1 : Diam tidak aktif.

2. Aspek menanya :

Skor 4 : Jika pertanyaan yang diajukan **sesuai** dengan permasalahan yang sedang dibahas.

Skor 3 : Jika pertanyaan yang diajukan **cukup** sesua dengan permasalahan yang sedang dibahas.

Skor 2 : Jika pertanyaan yang diajukan **kurang sesuai** dengan permasalahan yang sedang dibahas.

Skor 1 : Tidak menanya.

3. Aspek menalar :

Skor 4 : Jika nalarnya benar.
Skor 3 : Jika nalarnya hanya sebagian yang benar.
Skor 2 : Mencoba bernalar walau masih salah.
Skor 1 : Diam tidak beralar.

4. Aspek mengolah data :

Skor 4 : Jika Hasil Pengolahan data benar semua.
Skor 3 : Jika hasil pengolahan data sebagian besar benar.
Skor 2 : Jika hasil pengolahan data sebagian kecil benar.
Skor 1 : Jika hasil pengolahan data salah semua.

5. Aspek menyimpulkan :

Skor 4 : Jika kesimpulan yang dibuat seluruhnya benar.
Skor 3 : Jika kesimpulan yang dibuat seluruhnya benar.
Skor 2 : Kesimpulan yang dibuat sebagian kecil benar.
Skor 1 : Jika kesimpulan yang dibuat seluruhnya salah.

6. Aspek menyajikan :

Skor 4 : Jika laporan disajikan secara baik dan dapat menjawabsemua petanyaan dengan benar.

Skor 3 : Jika laporan disajikan secara baik dan hanya dapat menjawab sebagian pertanyaan.

Skor 2 : Jika laporan disajikan secara cukup baik dan hanya sebagian kecil pertanyaan yang dapat di jawab.

Skor 1 : Jika laporan disajikan secara kurang baik dan tidak dapat menjawab pertanyaan.

B. Rubrik Penilaian Diskusi

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
1.	Terlibat penuh				
2.	Bertanya				
3.	Menjawab				
4.	Memberi gagasan orisinil				
5.	Kerjasama				
6.	Tertib				

Kriteria :

1. Aspek Terlibat penuh :

   Skor 4 : Dalam diskusi kelompok terlihat aktif, tanggung jawab, mempunyai pemikiran/ide, berani berpendapat.

   Skor 3 : Dalam diskusi kelompok terlihat aktif, dan berani berpendapat.

   Skor 2 : Dalam diskusi kelompok kadang-kadang berpendapat.

   Skor 1 : Diam sama sekali tidak terlibat.

2. Aspek bertanya :

Skor 4 : Memberikan pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang jelas.

Skor 3 : Memberikan pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang kurang jelas.

Skor 2 : Kadang-kadang memberikan pertanyaan.

Skor 1 : Diam sama sekali tdak bertanya.

3. Aspek Menjawab :

Skor 4 : Memberikan jawaban dari pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang jelas.

Skor 3 : Memberikan jawaban dari pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang kurang jelas.

Skor 2 : Kadang-kadang memberikan jawaban dari pertanyaan kelompoknya.

Skor 1 : Diam tidak pernah menjawab pertanyaan.

4. Aspek Memberikan gagasan orisinil :

Skor 4 : Memberikan gagasan/ide yang orisinil berdasarkan pemikiran sendiri.

Skor 3 : Memberikan gagasan/ide yang didapat dari buku bacaan.

Skor 2 : Kadang-kadang memberikan gagasan/ide.

Skor 1 : Diam tidak pernah memberikan gagasan.

5. Aspek Kerjasama :

Skor 4 : Dalam diskusi kelompok terlibat aktif, tanggung jawab dalam tugas, dan membuat teman-temannya nyaman dengan keberadaannya.

Skor 3 : Dalam diskusi kelompok terlibat aktif tapi kadang-kadang membuat teman-temannya kurang nyaman dengan keberadaannya.

Skor 2 : Dalam diskusi kelompok kurang terlibat aktif.

Skor 1 : Diam tidak aktif.

6. Aspek Tertib :

Skor 4 : Dalam diskusi kelompok aktif, santun, sabar mendengarkan pendapat teman-temannya.

Skor 3 : Dalam diskusi kelompok tampak aktif,tapi kurang santun.

Skor 2 : Dalam diskusi kelompok suka menyela pendapat orang lain.

Skor 1 : Selama terjadi diskusi sibuk sendiri dengan cara berjalan kesana kemari.

C. Rublik Penilaian Penggunaan Alat/Bahan

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
1.	Cara merangkai alat				
2.	Cara menuliskan data hasil pengamatan				
3.	Kebersihan dan penataan alat				

Kritera :

1. Cara merangkai alat :

   Skor 4 : Jika seluruh peralatan dirangkai sesuai dengan prosedur.

   Skor 3 : Jika sebagian besar peralatan dirangkai sesuai dengan prosedur.

   Skor 2 : Jika sebagian kecil peralatan dirangkai sesuai dengan prosedur.

   Skor 1 : Jika peralatan tidak dirangkai sesuai dengan prosedur.

2. Cara menuliskan data hasil pengamatan :

   Skor 4 : Jika seluruh data hasil pengamatan dapat dituliskan dengan benar.

   Skor 3 : Jika sebagian besar data hasil pengamatan dapat dituliskan dengan benar.

   Skor 2 : Jika sebagian kecil data hasil pengamatan dapat dituliskan dengan benar.

   Skor 1 : Jika tidak ada data hasil pengamatan yang dapat dituliskan dengan benar.

3. Kebersihan dan penataan alat :

Skor 4 : Jika seluruh alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar.

Skor 3 : Jika sebagian besar alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar.

Skor 2 : Jika sebagian kecil alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar.

Skor 1 : Jika tidak ada hasil alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar.

D. Rublik Presentasi

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
1.	Kejelasan presentasi				
2.	Pengetahuan				
3.	Penampilan				

Kriteria :

1. Kejelasan presentasi

   Skor 4 : Sistematika penjelasan logis dengan bahasa dan suara yang sangat jelas.

   Skor 3 : Sistematika penjelasan logis dan bahasa sangat jelas tetapi suara kurang jelas.

   Skor 2 : Sistematika penjelasan tidak logis meskipun menggunakan bahasa dan suara cukup jelas.

   Skor 1 : Sistematika penjelasan tidak logis meskipun menggunakan bahasa dan suara cukup jelas.

2. Pengetahuan

   Skor 4 : Menguasai materi presentasi dan dapat menjawab pertanyaan dengan baik dan kesimpulan mendukung topik yang dibahas.

   Skor 3 : Menguasai materi presentasi dan dapat menjawab pertanyaan dengan baik dan kesimpulan mendukung topik yang dibahas.

   Skor 2 : Penguasaan materi kurang meskipun bisa menjawab seluruh pertanyaan dan kesimpulan tidak berhubungan dengan topik yang dibahas.

   Skor 1 : Materi kurang dikuasai serta tidak bisa menjawab seluruh pertanyaan dan kesimpulan tidak mendukung topik.

3. Penampilan

Skor 4 : Penampilan menarik, sopan dan rapi, dengan penuh percaya diri serta menggunakan alat bantu.

Skor 3 : Penampilan cukup menarik, sopan, rapih dan percaya diri menggunakan alat bantu.

Skor 2 : Penampilan kurang menarik, sopan, rapi tetapi kurang percaya diri serta menggunakan alat bantu.

Skor 1 : Penampilan kurang menarik, sopan, rapi tetapi tidak percaya diri dan tidak menggunakan alat bantu.

E. Penilaian Laporan Observasi

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
1.	Sistematika Laporan				
2.	Data Pengamatan				
3.	Analisis dan kesimpulan				
4.	Kerapihan Laporan				

Kriteria :

1. Sistematika Laporan

   Skor 4 : Sistematika laporan mengandung tujuan, masalah, hipotesis, prosedur, hasil pengamatan dan kesimpulan.

   Skor 3 : Sistematika laporan mengandung tujuan, masalah, hipotesis prosedur, hasil pengamatan dan kesimpulan.

   Skor 2 : Sistematika laporan mengandung tujuan, masalah, prosedur hasil pengamatan dan kesimpulan.

   Skor 1 : Sistematika laporan hanya mengandung tujuan, hasil pengamatan dan kesimpulan.

2. Data Pengamatan

Skor 4 : Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk table, grafik dan gambar yang disertai dengan bagian-bagian dari gambar yang lengkap.

Skor 3 : Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk table, gambar yang disertai dengan beberapa bagian-bagian dari gambar.

Skor 2 : Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk table, gambar yang disertai dengan bagian yang tidak lengkap.

Skor 1 : Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk gambar yang tidak disertai dengan bagian-bagian dari gambar.

3. Analisis dan kesimpulan

Skor 4 : Analisis dan kesimpulan tepat dan relevan dengan data-data hasil pengamatan.

Skor 3 : Analisis dan kesimpulan dikembangkan berdasarkan data-data hasil pengamatan.

Skor 2 : Analisis dan kesimpulan dikembangkan berdasarkan data-data hasil pengamatan tetapi tidak relevan.

Skor 1 : Analisis dan kesimpulan tidak dikembangkan berdasarkan data-data hasil pengamatan.

4. Kerapihan Laporan

Skor 4 : Laporan ditulis sangat rapih, mudah dibaca dan disertai dengan data kelompok.

Skor 3 : Laporan ditulis rapih, mudah dibaca dan tidak disertai dengan data kelompok.

Skor 2 : Laporan ditulis rapih, susah dibaca dan tidak disertai dengan data kelompok.

Skor 1 : Laporan ditulis tidak rapih, sukar dibaca dan disertai dengan data kelompok.

III. PENUTUP

Buku teks siswa ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pembelajar maupun pembaca lainnya untuk melakukan penelusuran berbagai sumber belajar, yang terkait dengan ilmu ukur kayu, baik dalam bentuk buku-buku bidang kehutanan lainnya, dokumen atau laporan hasil penelitian bidang kehutanan, internet ataupun sumber-sumber lain. Dengan mengacu pada buku teks siswa ini maka proses pembelajaran diharapkan dapat berjalan secara efisien dan efektif melalui peran aktif dari semua pihak terkait, khususnya para pembelajar.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimus. 2011. Diktat Ilmu Ukur Kayu. http://henceenge.blogspot.com; diakses pada jam 11:32, tanggal 17 September 2013.

Asy'ari, M., dan Karim, A.A. (2012) :*Pengukuran Kayu,* Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

BUSTOMI, S. 1995. Penggunaan Centroid Volume dalam Menduga Volume Kayu Bulat Pinus, *Pinus merkusii* Jungh. Et de Vries. Thesis pada Program Pascasarjana IPB. Bogor. (*unpublished*).

CHAPMAN, H.H. and W.H. MEYER. 1949. Forest Mensuration. McGraw-Hill Book Company Inc. New York.

ELVIADI, I. 1994. Perbandingan Ketepatan Hasil Pendugaan Volume Sortimen Kelompok Ramin, *Gonistylus* spp., Berdasarkan Rumus Empiris Volume Sortimennya. Studi Kasus di Areal HPH PT Inhutani III Sampit Kalimantan Tengah. Skripsi pada Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. (*unpublished*).

KRISNAWATI, H. 1994. Perbandingan Ketepatan Hasil Pendugaan Volume Sortimen Kelompok Keruing, *Dipterocarpus* spp., Berdasarkan Rumus Empiris Volume Sortimennya. Studi kasus di HPH PT Inhutani III Sampit Kalimantan Tengah. Skripsi pada Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. (*unpublished*).

LAAR, A. van and AKÇA, A. 1997. Forest Mensuration. Cuvillier Verlag. Göttingen.

LATIFAH, S. 1994. Perbandingan Ketepatan Hasil Pendugaan Volume Sortimen Kelompok Meranti Merah, *Shorea* spp., Berdasarkan Rumus Empiris Volume Sortimennya. Studi Kasus di Areal HPH PT Inhutani III Sampit Kalimantan Tengah. Skripsi pada Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. (*unpublished*).

LOETCSH, F., F. ZOHRER and K.E. HALLER. 1973. Forest Inventory. Volume II. Translated into English by K.F. Panzer. BLV Verlagsgesellschaft mbH. Munchen.

MUHDIN. 1997. Analyzing Some Formulae of Log Volume Estimation on Log of Meranti. Post Graduate Thesis. Faculty of Forestry and Ecological Sciences. Georg-August-University Gottingen. Germany. (*unpublished*).

Lorimer, C.G. (1982) : Silviculture, 209-234 *dalam* Young, R.A., Ed., *Introduction To Forest Science*, John Wiley dan Sons Inc., Kanada.

PATTERSON, D.W., H.V. WIANT, Jr., and G.B. WOOD. 1993. Log Volume Estimations. The Centroid Method and Standard Formulas. J. of Forestry. 91(8): 39-41.

PHILIP, M.S. 1994. Measuring Trees and Forests. Second Edition. CAB International.

SUHENDANG, E. 1997. Estimating Standing Tree Volume of Some Commercial Trees of the Tropical Rain Forest in Indonesia. In : Modern Methods of Estimating Tree and Log Volume (Edited by Wood and Wiant). West Virginia University Publications Services. Morgantown. USA.

WIANT, Jr. 1988. Where is the Optimum Height for Measuring Tree Diameter ?. North J. Appl. For. 5 : 184-185.

WIANT, Jr., H.V., G.B. WOOD and G.M. FURNIVAL. 1992. Estimating Log Volume Using the Centroid Position. For. Sci., 38(10): 187-191.

WOOD, G.B. and H.V. WIANT, Jr. 1990. Estimating the Volume of Australian Hardwoods Using Centroid Sampling. Aust. For. 53 : 271-274.

WOOD, G.B., H.V. WIANT, Jr., R.J. LOY and J.A. MILES. 1990. Centroid Sampling : A Variant of Importance Sampling for Estimation the Volume of Sample Trees of Radiata Pine. For. Ecol. Manage., 36 : 233-243. Elsevier Sci. Pub. BV. Amsterdam.